

UNIVERSITY OF HELSINKI

REPORT SERIES IN PHYSICS

HU-P-D157

Kokonaisvaltainen fysiikanopetus peruskoulussa fysiikan valinnaiskurssilla

Pirkko Kärnä

DEPARTMENT OF PHYSICS
P.O. BOX 9 FIN-00014 UNIVERSITY OF HELSINKI
HELSINKI, FINLAND

Academic Dissertation

To be presented, with the permission of the Faculty of Science
of the University of Helsinki, for public criticism
in the Small Auditorium E204 of the Department of the Physics
on January 24th, 2009, at 12 o'clock.

Helsinki 2009

Supervisor:

Prof. Heimo Saarikko
Department of Physics
University of Helsinki
Helsinki, Finland

Pre-examiners:

Prof. Jari Lavonen
Department of Applied Sciences of Education
University of Helsinki
Helsinki, Finland

Yliopiston lehtori, FT Pekka Hirvonen
Department of Physics
University of Joensuu
Joensuu, Finland

Opponent:

Prof. Tuula Keinonen
Department of Applied Sciences of Education
University of Joensuu
Joensuu, Finland

Custos:

Prof. Heimo Saarikko
Department of Physics
University of Helsinki
Helsinki, Finland

Report Series in Physics HU-P-D157

ISBN 978-952-10-4225-6

ISSN 0356-0961

ISBN 978-952-10-4226-3 (pdf-version)

<http://ethesis.helsinki.fi/>

Photo: Maalaus/Paula Holopainen

Yliopistopaino

Helsinki

Omistettu kaikille opettajille, jotka toimivat myös kasvattajina

P.Kärnä: Kokonaisvaltainen fysiikanopetus peruskoulussa fysiikan valinnaiskurssilla (Holistic physics education in upper secondary level based on the optional course of physics), University of Helsinki, 2009, 213p. University of Helsinki, Report Series in Physics, HU-PD157, ISBN 978-952-10-4225-6, ISSN 0356-0961 ISBN 978-952-10-4226-3 (pdf-version) <http://ethesis.helsinki.fi/>.

Classification (INSPEC): A0140D, A0140E, A0140G, A0150K, A0165, A0170

Keywords: physics education, education, holistic, curriculum, world view, values

Abstract

A physics teacher's task is to put into practice all goals of the curriculum. Holistic physics education means in this research teaching, in which the school's common educational goals and the goals particular to the physics curriculum are taken into account. These involve knowledge, skills and personal value and attitude goals. Research task was to clarify how the educational goals involving student's values and attitudes can be carried out through the subject content of physics. How does the physics teacher communicate the modern world view through the content of the physics class? The goal of this research was to improve teaching, to find new points of view and to widen the perspective on how physics is taught.

The teacher, who acted also as a researcher, planned and delivered an optional course where she could study the possibilities of holistic physics education. In 2001-2002 ten girls and two boys of the grade 9th class participated in that elective course. According to principles of action research the teacher-researcher reflected also on her own teaching action. Research method was content analysis that involved both analyzing student feedback, and relevant features of the teacher's knowledge, which are needed for planning and giving the physics lessons. In this research that means taking into account the subject matter knowledge, curriculum, didactic and the pedagogical content knowledge of the teacher. The didactic includes the knowledge of the learning process, students' motivation, specific features of the physics' didactics and the research of physics education. Among other things, the researcher constructed the contents of the curriculum and abstracted sentences as keywords, from which she drew a concept map. The concept maps, for instance, the map of educational goals and the mapping of the physics essence, were tools for studying contents which are included in the holistic physics education. Moreover, conclusions were reached concerning the contents of physics domains by which these can be achieved.

According to this research, the contents employing the holistic physics education is as follows: perception, the essence of science, the development of science, new research topics and interactions in physics. The starting point of teaching should be connected with the student's life experiences and the approach to teaching should be broadly relevant to those experiences. The teacher-researcher observed and analyzed the effects of the experimental physics course, through the lens of a holistic physics education. The students reported that the goals of holistic physics education were achieved in the course. The discourses of the students indicated that in the experimental course they could express their opinions and feelings and make proposals and evaluations. The students had experiences about chances to affect the content of the course, and they considered the philosophical physics course interesting, it awakened questions, increased their self-esteem and helped them to become more aware of their world views. The students' analytic skills developed in the interactive learning environment.

The physics teacher needs broad knowledge for planning his or her teaching, which is evaluated in this research from contents maps made for the tools of the teaching. In the holistic physics education the teacher needs an open and curious mind and skills for interaction in teaching. This research indicates the importance of teaching physics in developing attitudes and values beside substance of the physics in class environment. The different points of view concerning human beings' life make it possible to construct the modern world view of the students and to develop analytic skills and the self-esteem and thus help them in learning. Overall and wide points of view also help to transfer knowledge to practice. Since such contents is not employed by teaching the physics included in the standard curriculum, supplement relevant teaching material that includes such topics are needed.

P.Kärnä: Kokonaisvaltainen fysiikanopetus peruskoulussa fysiikan valinnaiskurssilla (Holistic physics education in upper secondary level based on the optional course of physics), University of Helsinki, 2009, 213p. University of Helsinki, Report Series in Physics, HU-PD157, ISBN 978-952-10-4225-6, ISSN 0356-0961 ISBN 978-952-10-4226-3 (pdf-version) <http://ethesis.helsinki.fi/>.

Classification (INSPEC): A0140D, A0140E, A0140G, A0150K, A0165, A0170

Keywords: fysiikan opetus, kasvatus, kokonaisvaltainen, opetussuunnitelma, maailmankuva, arvot

Tiivistelmä

Fysiikan opettajan tehtävä on toteuttaa kaikkia opetussuunnitelman tavoitteita opetuksessaan. Tässä tutkimuksessa nimitetään kokonaisvaltaiseksi fysiikanopetuksesi opetusta, jossa huomioidaan kaikki koulun kasvatustavoitteet. Niitä ovat koulun yleiset kasvatustavoitteet ja fysiikan opetussuunnitelman tavoitteet, jotka ovat tiedollisia, taitoja koskevia ja opiskelijan persoonallisuuteen liittyviä arvo- ja asennetavoitteita. Tästä muodostui tutkimustehtävä: Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet toteutuvat? Miten nykyaikainen maailmankuva välittyy oppilaille? Tutkimuksen tavoite oli kehittää opettajan omaa opetusta, löytää uusia näkökulmia ja laajentaa perinteisen fysiikan opetuksen tarkastelutapaa.

Kasvatustavoitteiden toteutumista tutkittiin opettajan suunnittelemalla fysiikan valinnaiskurssilla, johon osallistui 10 yhdeksäsluokkalaista tyttöä ja kaksi poikaa lukuvuonna 2001-2002. Toimintatutkimuksen periaatteiden mukaan opettaja-tutkija reflektoi myös omaa toimintaansa kurssilla. Oppilaiden kurssipalautteiden analyysissä käytettiin sisällönanalyysia. Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen piirteiden löytämiseksi sisällönanalyysia tehtiin myös opettajan tiedosta, jota opettaja tarvitsee opetuksensa suunnitteluun ja toteuttamiseen. Tutkimuksessa näitä keskeisiä aiheita ovat aineen hallinta, koulun opetussuunnitelma, didaktiikka ja opettajan pedagoginen sisältötieto. Didaktiikka tutkimuksessa sisältää oppimiskäsityksen, tietoa oppilaan motivoinnista, fysiikan didaktiikan erityispiirteet ja opetuksen tutkimuksen. Tutkija tulkitse muun muassa opetussuunnitelman tekstiä pelkistämällä keskeiset asiat avainsanoiksi, joista piirsi käsitekartan. Käsitekartat esimerkiksi fysiikan luonteesta ja koulun yleisistä kasvatustavoitteista toimivat työkaluina, joiden perusteella tutkija pystyi näkemään, mitä yhteneviä sisältöjä kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältää ja edelleen päättämään, minkä fysiikan oppisisältöjen kautta näihin voidaan pyrkiä.

Tämän tutkimuksen mukaan kokonaisvaltaisia fysiikan aiheita ovat havainnointi, kysymys siitä, mitä tiede on, tieteen kehitys, kehittyvän fysiikan uudet tutkimukset ja vuorovaikutukset. Opetuksen lähtökohdan tulee liittyä oppilaan omaan elämään, ja aiheita tulee lähestyä laajoista näkökulmista. Opetuskokeilua, fysiikan valinnaiskurssia, tarkasteltiin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteiden kautta. Oppilaiden mielestä valinnaiskurssilla toteutui kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteita. Oppilaiden diskurssien pohjalta ilmeni, että fysiikan valinnaiskurssilla sai ilmaista mielipiteitä ja tunteita, esittää ehdotuksia ja arviointeja. Oppilaat saivat kokemuksia omista vaikutusmahdollisuuksista kurssin sisältöön ja kokivat, että fysiikan filosofinen valinnaiskurssi oli kiinnostava, se herätti pohtimista, lisäsi itsetuntemusta ja auttoi oppilasta tiedostamaan maailmankuvaansa. Oppilaiden ajattelun taidot kehittyivät vuorovaikutteisessa oppimisympäristössä.

Fysiikan opettaja tarvitsee laajasti tietoa opetuksensa suunnitteluun, mikä näkyy käsitekartoista, jotka on laadittu opettajan työkaluksi. Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa opettaja tarvitsee avointa tutkivaa mieltä ja valmiutta vuorovaikutteiseen opetukseen. Tässä tutkimuksessa ilmenee, miten tärkeää on se, että sisällön ohella fysiikan tunneilla opetetaan asenteiden ja arvojen kehittämistä. Laajat ihmiskeskeiset näkökulmat aiheisiin mahdollistavat oppilaan nykyaikaisen maailmankuvan rakentumista, kehittävät oppilaan ajattelua ja itsetuntoa ja siten edesauttavat oppimista. Monet näkökulmat auttavat myös tiedon siirrossa. Nämä aiheet eivät toteudu opetussuunnitelman sisältöjen kautta, joten fysiikan opetukseen tarvitaan lisämateriaalia.

Esipuhe

Olen edelleen kiinnostunut fysiikan opetuksesta peruskoulussa, vaikka olen työskennellyt yli 30 vuotta samassa koulussa opettajana. Oppilaat ovat aina uusia ja heidän kanssaan syntyy erilaisia kohtaamisia: iloista keskustelua tai varauksellista suhtautumista. Väistämättä olen myös kasvattaja, ja fysiikan opetukseni onnistuminen riippuu vuorovaikutuksesta oppilaan kanssa. Tutkimusaiheeni lähti käytännön tarpeistani muuttamaan ja parantamaan opetustani. Syksyllä 1999 matemaattisten aineiden opettajien liiton (MAOL) arviointiseminaarin luennoitsijana yritin herätellä keskustelua fysiikan opetuksen tavoitteista ja sisällöistä. Päätin sitten löytää vastauksia kysymyksiini tieteen menetelmin ja ilmoittauduin jatko-opiskelijaksi Helsingin yliopistoon.

Tutkimusprosessini on ollut antoisa, vaikka pitkä ja ajoittain vaikea. Oli vaikeuksia yhdistää opettajan ja tutkijan roolit, mikä tarkoittaa myös teorian ja käytännön yhdistämistä. Opettajalle riittää opetuksensa suunnitteluun helposti saatavilla oleva kirjallisuus, mikä taas ei riitä tutkijalle, jonka pitää osata perustella opettajan ratkaisut. Fysiikan valinnaishurssin ”alkutieto” tuli osittain intuitiivisesta, hiljaisesta opettajan tiedosta. Koska aiheeni oli laaja, minulla oli alussa vaikeuksia löytää siihen liittyviä tutkimuksia, joten hain teoriaa laajasti fysiikan opetuksen tutkimuksesta. Teorian laajeneminen kehitti tutkimuskysymyksiä ja muutti lisensiaatin tutkimuksen väitöskirjaksi. Ongelmana oli myös se, pystynkö laittamaan sanoiksi ratkaisuni siten, että muut ne ymmärtävät. Löytynyt teoria ja ohjaajien auttavat kysymykset antoivat sanoja omalle toiminnalleni. Tutkimusprosessin aikana löysin tutkimuksia, jotka tukivat tuloksiani. Voin pitää tutkimustani ajankohtaisena puheenvuorona.

Tutkimukseni valmistumiseen vaikuttivat useat henkilöt ja yhteisöt. Kiitän ohjaajaani professori Heimo Saarikkaa, joka tuki tutkimustyötäni ja näki tutkimuksen merkityksen didaktisen fysiikan kehittämisessä. Toista ohjaajaani emeritusprofessori Kaarle Kurki-Suoniota kiitän tuesta ja neuvoista ja myös siitä, että hänen työnsä didaktisen fysiikan kehittäjänä on innostanut minua opettajana ja tutkijana. Fysiikan opettajien tutkielma- ja jatkotutkielmaseminaareissa esittelin tutkimukseni eri vaiheita ja sain rakentavaa palautetta ohjaajiltani. Kiitän kolmatta ohjaajaani emeritaprofessori Maija Ahteeta tärkeästä yhteistyöstä ja ohjauksesta, sillä hän työskenteli kanssani kärsivällisesti koko tutkimusprosessini eri vaiheiden ajan. Kiitän esitarkastajiani, fysiikan yliopistolehtoria FT Pekka Hirvosta ja fysiikan ja kemian didaktiikan professori Jari Lavosta, joiden kannustavat, kriittiset ja tarkat neuvot ja ohjeet mahdollistivat tutkimukseni lopullisen muodon. Molemmat esitarkastajani ovat paneutuneet käsikirjoitukseeni asiantuntevasti ja huolellisesti, ja heidän lausuntojensa pohjalta olen voinut kehittää tutkimustani ratkaisevasti eteenpäin. Kiitän matematiikan ja luonnontieteiden tutkijakoulun ohjaajia, jäseniä ja luennoitsijoita, joiden kanssa seminaareissa olen kokenut edistysaskeleita. Myös matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseuran tutkimuspäivät edistivät tutkimustani ohjatessaan sitä oikeaan suuntaan. Kiitän professori Jukka Maalampea arviosta ensimmäisen kokonaisuuden jälkeen; hän suuntasi minut tiivistämään tekstiä ja lisäämään argumentointia. Kiitän tekniikan tohtori Toivo Niskasta arvokkaista, eri näkökulmia avaavista palautteista tutkimukseni monissa vaiheissa.

Kiitokseni lähetän myös Peltolan koulun oppilaille, joiden kanssa sain kokea Luonnonfilosofiaa-valinnaishurssin lukuvuonna 2001-2002. Kiitän työkavereitani, joiden kanssa olen jakanut koulun arkea ja kehittänyt ideoita fysiikan opettajuudesta. Erityisesti kiitän silloista rehtoria, Esko Leinoa, joka avarakatseisesti salli pienen, erilaisen fysiikan valinnaishurssin muodostumisen sekä opinto-ohjaaja Tuija Miettistä kuulevista kommentteista,

Mika Meismaata englannin kielen ja Ritva Hartzellia suomenkielen tarkastuksesta. Kiitän ystäviäni, jotka ovat iloinneet kanssani työni eri vaiheissa ja joille olen saanut purkaa mieltäni. Kiitän avartavasta vuoropuhelusta poikiani Pekkaa ja Jaakkoa, joiden opintoja ja valmistumista minulla on ollut ilo seurata tutkimusprosessini aikana. Olen kiitollinen vanhemmilleni ja sisaruksilleni, sillä lapsuuden kasvuympäristöni herätteli uteliaisuuttani maailmaan. Sitten jo kokeneena opettajana minulla oli intoa ryhtyä tutkimaan sitä tietotaitoa, joka kasvaa jokaisessa opettajassa käytännön ja teorian vuorovaikutuksessa. Tämä tutkimus on kehittänyt työtäni: ymmärrän enemmän, tai jos en ymmärrä, otan selvää. Olen elinikäisen tutkimisen tiellä.

Vantaa, joulukuu 2008

Pirkko Kärnä

Sisällys

1 Johdanto.....	1
1.1 Fysiikan opetuksen vahvuudet ja heikkoudet - tutkimukseni lähtökohdat ja kulku.....	1
1.2 Filosofisia näkökulmia fysiikan opetukseen	4
1.3 Kokonaisvaltainen fysiikanopetus - fysiikan valinnaiskurssi	6
2 Fysiikan opetuksen lähtökohdat	9
2.1 Fysiikan opetuksen kehittämistarpeita	9
2.2 Opettajan tiedon lähteet	11
2.2.1 Opetuksen suunnittelu	11
2.2.2 Opettajan tiedon tarkastelua	16
2.2.3 Opettajan pedagoginen sisältötieto	17
2.3 Yleiset kasvatustavoitteet	20
2.3.1 Kasvatustavoitteet ja niiden luokittelu	20
2.3.2 Ihmiskäsitys ja tietoisuus	22
2.3.3 Itsetuntemus	23
2.3.4 Sosiaaliset taidot	25
2.4 Oppimiskäsitys	26
2.4.1 Konstruktivismi.....	27
2.4.2 Sosiokulttuurinen oppimiskäsitys	29
2.5 Motivaatio ja kiinnostavuus	29
2.5.1 Motivaatio ja oppiminen	30
2.5.2 Kiinnostavuuden herättäminen	31
2.6 Fysiikan opetussuunnitelmat	32
2.6.1 Asenne- ja arvotavoitteet fysiikan opetussuunnitelmissa.....	32
2.6.2 Fysiikan luonne.....	34
2.6.3 Maailmankuva ja -katsomus	37
2.7 Aihekokonaisuudet	39
3 Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimus.....	41
3.1. Fysiikan opetuksen tavoitteita ja niiden toteutuminen.....	41
3.1.1 Luonnontieteellinen ajattelu	41
3.1.2 Käsitteet ja tieto	43
3.1.3 Tiedon siirto.....	46
3.2 Opetusmenetelmien kehittäminen	46
3.2.1 Tutkiva oppiminen	47
3.2.2 Ongelmanratkaisu	48
3.2.3 Vuorovaikutteinen fysiikan opetus	48
3.2.4 Kokemuksellinen opetus	50
3.2.5 Palautteen merkitys	52
3.3 Tehtävien merkitys ja luonne fysiikan opetuksessa.....	53
3.4 Yhteenvedo fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta.....	54
4 Tutkimustehtävät ja niiden muotoutuminen.....	57
4.1 Omat kokemukset tutkimuksen lähtökohtana	57
4.2 Opettaja opetussuunnitelmaa toteuttamassa.....	58
4.3 Fysiikan valinnaiskurssin hahmottuminen	60
4.4 Tutkimustehtävät ja tutkimuksen toteutus	63

5 Tutkimusmenetelmät ja tutkimusprosessi.....	67
5.1 Toimintatutkimus.....	67
5.1.1 Toimintatutkimus tutkimusmenetelmänä.....	67
5.1.2 Toimintatutkimuksen käytännön toteutus	70
5.2 Sisällönanalyysi.....	73
5.2.1 Tekstien sisällönanalyysi.....	73
5.2.2 Sisällönanalyysin käyttö tutkimuksessa.....	74
5.3 Oma pedagoginen sisältötieto.....	77
5.4 Oman tutkimuksen paradigmat.....	79
6 Tutkimuksen tulokset: kokonaisvaltainen fysiikanopetus ja opetuskokeilu fysiikan valinnaiskurssilla	83
6.1 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelu.....	83
6.1.1 Kokonaisvaltainen fysiikanopetus	83
6.1.2 Keskeiset kasvatustavoitteet opetussuunnitelmassa.....	83
6.1.3 Aihekokonaisuuksien kasvatustavoitteet ja sisällöt - Ihmisenä kasvaminen	87
6.1.4 Fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteiden toteutuminen	89
6.1.5 Fysiikan kurssien sisällöt ja aihekokonaisuuksien toteutuminen	93
6.1.6 Kokonaisvaltainen maailmankuva tutkimuksessa.....	95
6.1.7 Didaktiikka	97
6.1.8 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt ja niiden toteutumistapoja	102
6.2 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen kokeilu	103
6.2.1 Fysiikan valinnaiskurssin tavoitteet	103
6.2.2 Fysiikan valinnaiskurssin sisällöt ja niiden perustelu	104
6.2.3 Fysiikan valinnaiskurssin opetusmenetelmät	109
6.2.4 Fysiikan valinnaiskurssin kuvaus	110
6.3 Empiirisen osan tutkimustulokset.....	111
6.3.1 Aineiston käsittely.....	112
6.3.2 Oppilaiden diskursseja tavoitteiden mukaisissa luokissa.....	113
6.3.3 Maailmankuvan tiedostaminen	118
6.3.4 Opettajan toiminta kurssilla.....	122
7 Pohdintaa: fysiikan opetuksen filosofisten ja kasvatuksellisten sisältöjen pohdintaa	125
7.1 Havaintojen tekeminen	125
7.1.1 Havaintojen tekemisen opetus fysiikan valinnaiskurssilla.....	125
7.1.2 Havaintojen tekeminen tieteessä.....	127
7.1.3 Havaintojen tekemisen tulkinnallisuus.....	128
7.1.4 Havaintojen tekeminen fysiikan opetuksessa	129
7.2 Mitä tiede ja tieto on	132
7.2.1 Fysiikan valinnaiskurssin lähtökohdat	132
7.2.2 Tieteen tunnusmerkkejä	133
7.2.4 Oppilas ja tieto	140
7.3 Kehittyvä fysiikka.....	145
7.4 Fysiikan ja muut vuorovaikutukset – ihminen fysiikan opetuksen lähtökohtana.....	148
8 Keskeiset tutkimustulokset – tutkimustulosten luotettavuus ja pysyvyys.....	153
8.1 Yhteenveto keskeisistä tuloksista	153
8.2 Toimintatutkimuksen luotettavuuden ja pysyvyyden arviointi.....	156
8.3 Sisällönanalyysin luotettavuuden ja pysyvyyden arviointi	159
8.4 Tutkimusprosessin luotettavuuden arviointia.....	162

9 Tulosten pohdintaa ja johtopäätöksiä.....	165
9.1 Fysiikan opetuksen sisältöjen ja opetusmenetelmien kehittäminen	165
9.1.1 Arvokasvatus	165
9.1.2 Kasvatustavoitteiden toteutuminen fysiikan oppisisällöissä	168
9.1.3 Näkökulmia kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen.....	170
9.1.4 Fysiikan opettajan työnsisällön kehittyminen	174
9.2 Fysiikan perusopetuksen kehittämisestä valinnaiskurssin pohjalta.....	178
9.3 Tutkimustulosten pohdintaa jatkotutkimusaiheiden kannalta	179
10 Lähteet	181
11 Liitteet	195
LIITE 1. Fysiikan valinnaiskurssin esittely	195
LIITE 2. Palautekirjeet opettajalle	196
LIITE 3. Kooste aihekokonaisuuksien arvotavoitteista ja -sisällöistä.....	197
LIITE 4. Fysiikan opetuksen tavoitteiden luokittelu	198
LIITE 5. Arvosanan 8 sisältökriteerilauseet ja niiden luokittelu	199
LIITE 6. Käsitekarttojen perusteet: fysiikan didaktiikka.....	201
LIITE 7. Luonnonfilosofiaa – valinnaiskurssin yhteenvedotarina.....	204
LIITE 8. Oppilaiden ja opettajien diskurssit ja luokittelu pohdintakeskusteluissa	205
LIITE 9. Oppilaiden kirjallisen kurssipalautteen luokittelu	207

Kuvioluettelo

- Kuvio 1. Kokonaisvaltaisen fysiikanopetukseen tarvittavan tiedon jaottelu eri tiedon lähteisiin
Shulmanin (1986;1987) mallin pohjalta
- Kuvio 2. Käsitekartta koulun yleisistä kasvatustavoista
- Kuvio 3. Käsitekartta aihekokonaisuuksien tavoitteista ja sisällöistä
- Kuvio 4. Käsitekartta fysiikan luonteesta
- Kuvio 5. Käsitekartta maailmankuvasta
- Kuvio 6. Käsitekartta kiinnostavuudesta ja motivaatiosta
- Kuvio 7. Käsitekartta oppimiskäsityksistä
- Kuvio 8. Käsitekartta fysiikan opetuksen tutkimuksesta
- Kuvio 9. Oma tutkimusprosessini

Taulukkoluetelo

- Taulukko 1. Konstruktiivisten ja behaviorististen paradigmojen vertailu
- Taulukko 2. Perustason ja kehittyneet fysiikan ymmärtämistavat Beatty ym. (2006) mukaan
- Taulukko 3. Kasvatustavoitteet Peltolan koulun vuoden 1999 opetussuunnitelmassa ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan
- Taulukko 4. Itsetuntemuksen kehittämistapoja ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan
- Taulukko 5. Sosiaalisten taitojen kehittämistapoja ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan
- Taulukko 6. Otteita aihekokonaisuuksien arvotavoitteista (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja niiden avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 7. Otteita aihekokonaisuuksien arvosisällöistä (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja niiden avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 8. Ihmisenä kasvaminen – aihekokonaisuuden tavoitteet ja sisällöt ja niiden avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 9. Fysiikan opetuksen kurssiarvioinnin luokittelu vuoden 1999 opetussuunnitelman pohjalta tulkintani mukaan
- Taulukko 10. Käsityksiä fysiikan luonteesta ja avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 11. Peltolan koulun fysiikan opettajien näkemyksiä aihekokonaisuuksien toteuttamisesta fysiikan opetuksessa
- Taulukko 12. Kokonaisvaltaista fysiikanopetusta varten kehittämäni maailmankuva
- Taulukko 13. Motivaatio ja kiinnostavuuden herättäminen ja avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 14. Yhteenvedo oppimiskäsityksistä ja avainsanat tulkintani mukaan
- Taulukko 15. Fysiikan valinnaiskurssin ja kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeisten tavoitteiden vertailu
- Taulukko 16. Fysiikan valinnaiskurssin ja kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt
- Taulukko 17. Oppilaiden palautteiden sisällönanalyysin analyysiluokkien ja tutkimukseni tavoitteiden vertailu
- Taulukko 18. Oppilaiden antaman kurssipalautteen määrä kurssin tavoitteiden ja palautteen ajankohdan suhteen
- Taulukko 19. Oppilaiden diskursseja ja niiden luokittelua kurssin puolivälissä
- Taulukko 20. Oppilaiden ilmaisuja ja niiden luokittelua kurssin lopussa
- Taulukko 21. Oppilaiden ilmaisuja ja niiden luokittelua kurssin jälkeen
- Taulukko 22. Esimerkki oppilasryhmän keskustelusta (Kärnä 2008)
- Taulukko 23. Pohdintoja fysiikan vuorovaikutusten ja ihmisten välisten vuorovaikutusten vertailusta
- Taulukko 24. Kooste aihekokonaisuuksien arvotavoitteista (Vuoden 2004 opetussuunnitelma) (LIITE 3)
- Taulukko 25. Kooste aihekokonaisuuksien arvosisällöistä (Vuoden 2004 opetussuunnitelma) (LIITE 3)
- Taulukko 26. Fysiikan opetuksen tavoitteiden luokittelu kurssin suunnittelua varten (LIITE 4)
- Taulukko 27. Opetussuunnitelman (1999) kriteerilauseiden luokitteluperusteet tulkintani mukaan ja käyttämäni lyhenne (LIITE 5)
- Taulukko 28. Arvosanan 8 sisältökriteerilauseet ja niiden luokittelu (LIITE 5)
- Taulukko 29. Fysiikan opetuksen tavoitteiden tarkastelua ja avainsanat tulkintani mukaan (LIITE 6)
- Taulukko 30. Fysiikan opetuksen opetusmenetelmiä (LIITE 6)
- Taulukko 31. Fysiikan tehtävien rakenne ja luonne (LIITE 6)
- Taulukko 32. Oppilaiden diskurssien luokitteluperiaatteet tutkimuksessani (LIITE 8)
- Taulukko 33. Opettajan käyttämän diskurssin luokitteluperiaatteet tutkimuksessani (LIITE 8)
- Taulukko 34. Esimerkkejä oppilaiden ja opettajan ongelmanratkaisun diskursseista ja niiden luokittelu (purkkiongelma) (LIITE 8)
- Taulukko 35. Oppilaiden diskurssien yhteismäärä ongelmanratkaisutehtävässä (LIITE 8)
- Taulukko 36. Opettajan diskurssien yhteismäärä ongelmanratkaisutehtävässä (LIITE 8)
- Taulukko 37. Oppilaiden diskurssien määrä filosofisessa tehtävässä (LIITE 8)

1 Johdanto

1.1 Fysiikan opetuksen vahvuudet ja heikkoudet - tutkimukseni lähtökohdat ja kulku

Me mietimme miten opettaa fysiikkaa
keksimme yhä parempia opetusmetodeja
tarvitsemme enemmän resursseja ja oppitunteja
Antakaa meidän itse ajatella ja oivaltaa
antakaa aika minulle, oppilas sanoo

Runoni kertoo erään lukion oppilaan mieltelystä fysiikan opiskelusta. Hänestä tärkeintä fysiikan opetuksessa on antaa aikaa oppilaalle. Kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen kuuluvat tietojen ja taitojen lisäksi persoonallisuuden, esimerkiksi oman luovuuden kehittäminen. Fysiikan opettajan pitää ottaa huomioon opetuksessaan niin koulun yleiset kasvatustavoitteet kuin fysiikan opetuksen tavoitteet. Tutkimukseni koskee näiden tavoitteiden toteutumistapoja ja on didaktista fysiikkaa (Kurki-Suonio 1995; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a).

Yhä useammin julkisuudessa ja opetuksen tutkimuksessa painotetaan koulun kasvattavaa tehtävää. Shulmanin (1987; 1999) mukaan kasvatustavoitteet ovat keskeisiä opetuksen tarkoituksen ja merkityksen ymmärtämiseksi. Koulun opetussuunnitelman yleiset kasvatustavoitteet koskevat kaikkia oppiaineita. Kasvatustavoitteet ovat samansuuntaisia eri opetussuunnitelmissa, mutta ajankohtaisia painotuksia esiintyy. Uudessa opetussuunnitelmassa (Anon. 2005b) mainitaan tietoja ja taitoja koskevien tavoitteiden lisäksi: ”Itsetunnon tukeminen ja realistisen minäkuvan muodostuminen on tärkeää. Pyritään siihen, että oppilas ymmärtää olevansa osa yhteiskuntaa. Toisten huomioonottaminen, yhteistyökyky ja suvaitsevuus erilaisuutta kohtaan ovat tärkeitä.”

Kun aloitin fysiikan opetusta koskevan tutkimukseni, olin opettajana sitoutunut noudattamaan vuoden 1999 opetussuunnitelmaa (Anon. 1999b), joka muodostettiin opetushallituksen antamien peruskoulun oppilaan arvioinnin perusteiden (Anon. 1999a) pohjalta. Siinä on selkeästi maininta tiedollisten ja taidollisten tavoitteiden lisäksi fysiikan opetuksen asenne- ja arvotavoitteista ja maailmankuvaa koskevista tavoitteista (Anon. 1999a; kappaleet 2.6.1 ja 6.1.4) sekä painotetaan fysiikan opetuksen merkitystä ihmisen ja yhteiskunnan kannalta. Esimerkiksi tavoitteena on se, että oppilas tiedostaa ympäristöön ja luonnontieteelliseen kulttuuriin liittyviä asenteita ja arvoja (Anon. 1999b, 38-41). Näiden tavoitteiden oletetaan toteutuvan opetussuunnitelmassa mainittujen sisältöjen ja menetelmien kautta. Opetussuunnitelmassa mainitaan oppilaan persoonallisuuden kehityksen tavoitteet, mutta keinojen miettiminen jää opettajalle. Hakkaraisen (2002) mukaan opetussuunnitelman arvotavoitteita, jotka ovat kestävän kehityksen mukaisia, ei ole mahdollista saavuttaa ainesisältöjä opettamalla. Aihekokonaisuuksissa koulun kasvatustavoitteet on huomioitu hyvin. Opetussuunnitelmissa on aihekokonaisuuksia, jotka on tarkoitettu eheyttämään opetusta, ja ne tulisi toteuttaa kaikissa oppiaineissa. On kokemuksia ja tutkimuksia, miten muiden aineiden oppitunneilla on onnistuttu välittämään tietoisesti koulun kasvatuksellisia tavoitteita. Kasvatustavoitteet ovat keskeisesti esillä äidinkieli- ja ns. taitoaineissa. Liikunnan tunneilla on tutkittu oppilaan sosiaalisia taitoja ja itsetuntemusta tunnetaitokurssilla (Kuusela 2005).

Tutkimuskysymykseni koskevat fysiikan opetuksen sisältöjä, joiden kautta opettaja voi tietoisesti opettaa kasvatustavoitteita, arvoja, asenteita ja maailmankuvaa. Tämä, niin sanottu eettinen kasvatusta, voi olla arvojen ja normien siirtämistä, oppilaiden oman pohdinnan tai ihmisen luontaisen kasvatustavoitteiden tukemista (Kallio 2005, 16-18). Arvoja opitaan sosiaalisen vuorovaikutuksen, kasvatuksen ja opetuksen välityksellä. Aatteet vaikuttavat myös oppimiseen, sillä konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on kokonaisvaltainen persoonallinen ilmiö. Opettajan tehtävä on auttaa oppilasta tiedostamaan ajatteluaan ja oppimisstrategioitaan. (Ruohotie 2000, 185.)

Arvot viittaavat tavoitteisiin, siihen, kuinka asioiden parhaimmillaan tulisi olla (Kallio 2005, 14). Arvot liittyvät ihmisten ja yhteisöjen päämääriin ja käsityksiin hyvästä elämästä, ne ohjaavat ihmisten valintoja ja päätöksentekoa. Arvot ovat tiedostettuja käyttäytymisen motiiveja. Aatteet ovat arvoja lievempiä. (Launonen 2007, 134.) Arvot liittyvät käyttäytymiseen, sillä arvot aktivoivat ihmisen toimimaan. Koulun arvoperustaan kuuluu fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin edistäminen. (Rajakorpi & Salmio 2001, 32.) Opetussuunnitelmissa arvot näkyvät toiminta-ajatuksissa ja aihekokonaisuuksissa. Arvokasvatus toteutuu käytännössä oppiaineiden sisällöissä ja oppilaan ja opettajan välisessä vuorovaikutuksessa. (Launonen 2007, 139-140.)

Maailmankuvalla tarkoitetaan luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa koskevia järjestelmällisiä oletusten ja tietojen kokonaisuutta, joka koostuu tiedostetuista väitteistä (Niiniluoto 2002, 85). Tiedostaminen on sitä, että maailmankuvassa koetaan uusi merkitys (Rauhala 1998, 36-37). Maailmankuvan rakentumiseen liittyy tiedollisia osia, mutta se on henkilökohtainen prosessi ja liittyy siten opetuksen arvokasvatukseen.

Fysiikan opetuksen tavoitteisiin pyritään eri menetelmin, muun muassa kokeellisen työtavan ja erilaisten vuorovaikutteisten työtapojen kautta, joilla ohjataan oppilaan ajattelua ja tiedon käsittelyn tapoja (Lavonen ym. 2006). Uudet käsitteet opetetaan ilmiön havaitsemisesta käsin (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 158-168; Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135). On huomattu oppilaiden ennakoasenteiden vaikutus oppimiseen, tuodaan esille arkielämän sovelluksia ja opetukseen on tullut historiallista ainesta. Fysiikan opetuksessa on kehitettävää, vaikka hyviä oppimistuloksia onkin saavutettu. Usein fysiikan oppiaine ei kosketa oppilasta. Makkosen (2003) tutkimuksen mukaan suurin osa, yli 50 % luokanopettajista, pitää fysiikan opetusta vaikeaselkoisena ja teoreettisena tieteenä. Käsityksensä he olivat muodostaneet omien kouluaikaisten kokemustensa pohjalta. ”Todellinen” elämä on muualla ja fysiikka on siitä irrallaan. Fysiikan ei nähdä liittyvän koulun muihin oppiaineisiin. (Makkonen 2003, 69, 85, 114.) Hakkaraisen (2002) mukaan suomalaisten koululaisten menestyminen PISA-arvioinnissa kertoo tiedollisesta osaamisesta, mutta tuloksista näkyy myös, että kouluissamme ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota arvoihin.

Arvokasvatus on tärkeää myös fysiikan opetuksessa. Fysiikan opetus antaa oppilaalle persoonallisuuden kehittymisen ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostumisen kannalta välttämättömiä tietoja ja valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja, esimerkiksi ohjaa oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstä ja antaa valmiuksia keskustella energiavarojen käyttöön ja ympäristön suojeluun ja teollisuuteen liittyvistä asioista (Lavonen ym. 2006).

Persoonallisia tavoitteita on tarkasteltu fysiikan aiheiden ja menetelmien näkökulmasta. Esimerkiksi luonnonlakien, mm. kausaalisuuden tuntemus, kasvattaa oikeudenmukaisuutta, vastuuta ja etiikkaa (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 65-66) ja kokeellinen työskentely kriittisyyttä, itsetuntemusta ja sosiaalisuutta (Meisalo & Lavonen 1994, 24, 74-75). Tarvitaan

tutkimusta siitä, missä fysiikan oppisisällöissä fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita ja koulun kasvatustavoitteita on mahdollista toteuttaa, kuten opetussuunnitelma edellyttää.

Ympäristökasvatuksessa on tietoa, tutkimusta ja näkökulmia arvo- ja asennetavoitteiden toteutumistavoista koulussa eri menetelmien ja sisältöjen kautta. Pelkkä tieto ei riitä ympäristöön liittyvissä ratkaisuissa, sillä ympäristön, ihmisen ja luonnon välinen suhde sisältää myös arvo- ja motivaatiokysymyksiä (Rajakorpi & Salmio 2001, 32).

Fysiikan opetuksen taustalla on oletus, että tiede antaa todellisen, objektiivisen ja arvovapaan kuvan maailmasta (Hodson 1986, 17-18). Tämä tuo fysiikan opetukseen eksaktiuden vaatimuksen ja luo mekaanista maailmankuvaa, mikä poikkeaa oppilaiden omista kokemuksista. Koulussa kaikissa oppiaineissa on sitouduttu koulun opetus- ja kasvatustavoitteisiin, jotka eivät ole arvovapaita. Tietoon liittyy aina myös opettajan arvot (Hashweh 2005; Shulman 1987; 1999). Fysiikan opetuksen tavoitteena on nykyaikaisen oppilaan maailmankuvan kehittäminen (Anon.2004, 127).

Opetussuunnitelmassa ei määritellä tarkemmin nykyaikaista maailmankuvaa. Tutkimuksessani tarkastelen maailmankuvan käsitettä (kappale 2.6.3). Fysiikan opetukseen liittyvässä teknologia- ja ympäristökasvatuksessa eettiset näkökulmat tulevat luontevasti esille. Tutkimuksessani etsin yleisiä aiheita, joiden kautta kasvatustavoitteet voi huomioida kaikilla fysiikan tunneilla. Tutkimukseni tavoitteena on tutkia, mitä kasvatustavoitteiden huomioonottaminen fysiikan sisältöjen opetuksessa vaatii. Tutkin, mitä tapoja on toteuttaa asenne- ja arvokasvatustavoitteita ja nykyaikaista maailmankuvaa fysiikan sisällöissä ja toin fysiikan tunneille uudenlaista aineistoa. Nimitän kokonaisvaltaiseksi fysiikanopetukseksi opetusta, jossa huomioidaan kaikki koulun kasvatustavoitteet. Kokonaisvaltainen fysiikanopetus ottaa huomioon kaikki opetussuunnitelman tavoitteet, koulun yleiset kasvatustavoitteet ja fysiikan opetuksen tavoitteet, kuten arvo- ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentumisen.

Suunnittelin ja toteutin näiden tavoitteiden mukaisen fysiikan valinnaiskurssin, jossa voin vapaasti kehittää ja kokeilla uutta materiaalia. Valinnaiskurssilla minua opettajana eivät rajoittaneet fysiikan perinteiset oppisisällöt, joten aikaa jäi uusien sisältöjen kokeilemiseen. Kurssin lähtökohta oli kuitenkin fysiikan oppiaines. Aikaa jäi oppilaiden omakohtaiselle ymmärtämiselle, ajattelulle ja keskusteluille. Koska asenne- ja arvotavoitteet ovat sekä filosofisia että fysiikkaa, annoin valinnaiskurssin nimeksi ”Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssi”.

Fysiikan valinnaiskurssia varten tutkin sitä tietoa, jota opettaja tarvitsee opetuksensa suunnitteluun ja toteutukseen. Tutkin tarkemmin pedagogista sisältötietoa, joka on kehitetty (Shulman 1986) sisältämään kaikki ne aiheet, joita opettaja tarvitsee menestykselliseen opetukseen (Gess-Newsome1999). Tullakseen tulokselliseksi luonnontieteen opettajaksi hänen tarvitsee huomioida kaikki pedagogisen sisältötiedon alueet (Magnusson, Krajcik & Borko 1999, 93-132). Valitsin tutkimukseeni opettajan tiedon keskeiset asiat: opetussuunnitelmat, maailmankuvan, kiinnostavuuden, fysiikan luonteen, fysiikan didaktiikan, didaktiikan, oppimis- ja ihmiskäsityksen ja opetuksen tutkimuksen (kappale 2.2.1: Kuvio 1).

Käytin sisällönanalyysiä järjestämään opettajan opetukseensa tarvitsemaa tietoa siten, että pystyin soveltamaan niitä fysiikan oppiaineeseen ja rakentamaan kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteiden mukaisia sisältöjä. Tässä prosessissa käytin käsitekarttoja

apuna ja niistä muodostui työkaluni. Sisällönanalyysissä järjestän tutkimukseni aineistoa, etsin merkityksiä, teen pelkistysia ja edelleen johtopäätöksiä (vrt. Tuomi & Sarajärvi 2002, 94-105). Vertasin näin saatuja sisältöjä toteutetun fysiikan valinnaiskurssin sisältöihin. Analysoin myös valinnaiskurssilta saamaani oppilaiden palautetta sisällönanalyysin avulla, josta saamani analyysiyksiköitä vertasin valinnaiskurssin tavoitteisiin.

Tutkimukseni tarkoitus on löytää uusia näkökulmia fysiikan opetukseen ja laajentaa perinteisen fysiikan opetuksen tarkastelutapaa. Tavoitteeni ovat kvalitatiivisen tutkimuksen periaatteiden mukaisia. (vrt. Alasuutari 1999, 234-235.) Tutkimukseni on toimintatutkimusta, jossa toimin opettajana ja tutkijana ja tarkastelin omaa työtäni tarkoituksena muuttaa opetuksen laatua (Elliot 1991, 49) ja kehittää käytäntöjä opetuskokemukseni pohjalta (McNiff 1995, 1; McNiff & Whitehead 2006, 12). Oman työn tutkiminen on itsearviointiin perustuvaa tutkimusta, jonka tarkoitus on parantaa opetuskäytäntöjen ymmärrystä opetustilanteissa (Carr & Kemmis 1997, 162).

Esiymmärrykseni muodostumisesta valinnaiskurssin suunnittelussa kerron luvuissa 4.1-4.3 ja itse -arviointia on luvuissa 5.3 ja 5.4 sekä kappaleessa 6.3.4. Tutkimusprosessia tarkastelen kappaleessa 5.1.2 ja sen luotettavuutta arvioin luvussa 8.4 (Kuvio 9). Tutkimuskysymykset ovat kappaleessa 4.4, tutkimusmenetelmät on kuvattu luvussa 5, tutkimusaineiston analyysi ja tulokset ovat luvussa 6. Pohdintaa fysiikan valinnaiskurssin sisällöistä käyn luvussa 7 ja tutkimustuloksesta luvussa 9.

1.2 Filosofisia näkökulmia fysiikan opetukseen

Fysiikan valinnaiskurssin oppiaineekseksi valitsin fysiikan aiheita, jotka soveltuvat koulun asenne- ja arvotavoitteiden ja koulun yleisten kasvatustavoitteiden kehittymiseen sekä maailmankuvan rakentumiseen. Shulmanin (1987) mukaan ehkä voimakkaimmin opetukseen vaikuttavat opettajien visiot siitä, mitä on mahdollista ja millaista hyvän koulutuksen tulisi olla. Opetuksen kohteena olivat murrosikäiset oppilaat, jotka etsivät ja rakentavat identiteettiänsä ja haluavat tuntea olevansa merkityksellisiä toisille ihmisille (vrt. Pietarinen & Rantala 2002, 231-232).

Opetuksen suunnittelussa muiden tavoitteiden ohella on tärkeää oppilaiden kiinnostuksen herättäminen. Opettamista ja oppimista voidaan tarkastella opettajan ja oppilaan toimintana. Jotta toiminnat kohtaisivat ja oppilaat oppisivat, opettaja organisoii ja luo tietoisesti tilanteita, jotka synnyttävät oppilaissa motivaation oppia. (Lavonen ym. 2006.) Motivaatio liittyy toiminnan tavoitteellisuuteen ja ilmenee oppilaan kiinnostuksena. Oppimisen kannalta tärkeitä eivät ole toiminnan tavoitteet yksin vaan myös ne keinot, joilla tavoitteisiin pyritään. (Raustevon Wright, von Wright & Soini 2003, 57-58.)

Fysiikan opetus on jaettu selkeisiin, melko erillisiin sisältöalueisiin: valo, ääni, sähkö, liike, energia. Pelkkä eri sisältöalueiden opetus ei riitä tekemään opetuksesta innostavaa eikä anna aineksia kokonaisvaltaisen maailmankuvan muodostamiseen. Historiallinen aineisto, tieteen kehitys ja filosofiset pohdinnat antavat kehittäviä näkökulmia fysiikan opetukseen.

Hoffmannin tutkimuksen (1997) mukaan saadaan pysyviä oppimistuloksia, kun tytöille opetetaan luonnontiedettä heitä kiinnostavista aiheista käsin heidän omissa ryhmissään. Paitsi kiinnostavista luonnontieteellisistä aiheista, kuten tähtitieteestä, lääketieteestä ja

kosmetiikasta (Hoffmann 1997), murrosikäiset oppilaat ovat kiinnostuneita myös maailmankatsomuksellisista seikoista (vrt. Kumar & Brown 1999, 365-368) ja omaan itseen liittyvistä seikoista, kuten terveydestä ja mystisistä ilmiöistä (Lavonen, Meisalo & Juuti 2005e; Lavonen, Juuti, Meisalo, Uitto & Byman 2005c). Tästä tutkimustiedosta nousee kysymys, miten näitä aiheita voi tuoda fysiikan opetukseen.

Narratiivinen opetus herättää kiinnostusta, ja se tuo mukanaan fysiikan opetukseen aineksia, joissa käsitellään tieteen luonnetta ja kehitystä. Tarinat oppiaineen historiallisesta kehittymisestä ja henkilöhistoriasta motivoivat oppilaita (Ahtee & Pehkonen 2000, 66). Historiallinen näkökulma auttaa oppilasta saamaan fysiikkaan persoonallisemman otteen (Lavonen & Meisalo 1997, 46-47). Motivaatiota voidaan parantaa tuomalla fysiikan opetuksessa esiin fysiikan ja sen sovellutusten yhteiskunnallista merkitystä (Saarikko 1999, 103). Fyysikoiden henkilöhistoriaa ei voi erottaa fysiikan käsitteiden historiasta (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 83). Tällöin opettajalle on tärkeä tuntea tieteen prosesseja, jotta hän pystyisi edistämään ja ohjaamaan tämän prosessin toteutumista jokaisessa oppilaassaan. Fysiikan historiasta tulee näin tärkeä osa didaktista fysiikkaa. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1991; 1998a; 1998b.) Fysiikan historian kautta voi täsmentää käsitteiden merkityksiä ja syventää niiden välisten relaatioiden tuntemusta.

Tieteellisen tiedon katsotaan tietyin rajoituksin antavan meille totuuteen perustuvan maailmankuvan. Fysiikka luo pohjan kaikelle muulle luonnontieteelle; voidaan jopa sanoa, että kaiken takana on fysiikka. Mutta fysiikan rajallisuus tieteenä on syytä tunnustaa. Mittaamiseen perustuva tiedon saanti on ollut ja on vaikeaa, vaikka se voi johtaa tieteellisen teorian syntyyn. Havaitsemisesta kasvaa oppiminen, oppimisesta opiskelu, opiskelusta tutkimus ja tutkimuksesta tiede (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 144). Miten päästään kokeellisesti tutkimaan uusimpia ideoita - filosofiaa ja fysiikkaa? Moderneissa teorioissa fysiikka ja filosofia kietoutuvat toisiinsa. (Heisenberg 1958/2000.) Makkosen (2003) tutkimuksessa on luokanopettajiksi opiskelevien mielipiteitä fysiikan luonteesta: Pieni osa pitää fysiikkaa tieteenä, joka vastaa kaikkeen, muttei osaa kertoa miten. Täydennyskoulutuksen aikana luokanopettajia ilahdutti, kun fysiikka sisälsi filosofiaakin. (Makkonen 2003, 114.) Fysiikan opetuksessa tarvitaan tietoa fysiikan luonteesta, mikä taas liittyy käsitykseen tieteestä ja tiedosta. Huomasin, että oppilaat ovat kiinnostuneita filosofisista pohdintoista, jota fysiikan oppiaine ei tarjonnut, esimerkiksi silloin, kun keskusteltiin oppilaiden kanssa siitä, onko aika ollut aina ja mitä jos Kuu olisi yhtä suuri kuin Maa (Kärnä, Leskinen, Montonen & Repo 1996, 65, 80-81)? Omakohtainen maailmankatsomus muodostuu vain ajattelun ja pohdintojen kautta.

Kumarin ja Brownin (1999) mukaan yhdistämällä tieteelliset ideat yhteiskuntaan ja kulttuuriin tieteen kursseista voidaan tehdä nykyistä kiinnostavammaksi opiskelijoille. Maailmankatsomuksellinen näkökulma osoittaa, miten ihmiset muodostavat periaatteelliset kysymyksensä ja miten he luovat omat tietojärjestelmänsä. Tällöin opiskelijat voivat ymmärtää tieteen yhteiskunnallisena, kulttuurisena, sosiaalipoliittisena, historiallisena, taloudellisena ja eettisenä tarkastelutapana ja siten opiskelijat oppivat kriittisen ajattelun tieteen roolista eri asiayhteyksissä sekä nykyaikana että menneisyyden kannalta. Lisäksi opiskelijat oppivat uusia suhtautumistapoja muuttuviin olosuhteisiin ja muuttuviin ongelmiin. (Kumar & Brown 1999, 365-368.)

Ahtee (1994;1997) tarkastelee fysiikan opetusta esimerkkinä siitä, millaisen tiedon kanssa oppilas koulussa joutuu tekemisiin. Hän on jakanut koulutiedon fysiikan opetuksen osalta kolmeksi maailmaksi: reaali maailmaksi, arki maailmaksi ja teorian maailmaksi (vrt. Popper &

Eccles 1977, 36-37). Reaalimaailmaan Ahtee katsoo kuuluvaksi ilmiöt, joista oppilas tekee havaintoja ja joista hänellä on erilaisia kokemuksia. Arkimaailmaan kuuluvat oppilaiden käsitykset, jotka ovat omia kokemuksia sekä ajattelu- ja tietorakenteita. Teoriamailmaan kuuluvat käsitteet ja mallit, joiden avulla ilmiöitä kuvataan ja selitetään niiden erilaisia ominaisuuksia. (Ahtee 1994, 43–49; 1997, 21–23.) Sormusen (2004) mukaan kouluopetuksen tulisi tehdä selväksi ero näiden kolmen maailman – tieteellisen tiedon, koulutiedon ja arkitiedon - välillä. Eräs keino tämän tavoitteen saavuttamiseksi voisi olla tiedon ja tietämisen luonteen pohtiminen opetuksen yhteydessä; sen ei tulisi luonnollisestikaan rajoittua pelkästään luonnontieteiden opiskelun yhteyteen, vaan se kuuluisi kaikkeen koulussa tapahtuvaan toimintaan. (Sormunen 2004, 79-80.)

Koulufysiikassa tarvitaan filosofista pohdiskelua tiedosta ja tieteen kehityksestä, mikä välttämättä johtaa maailmankatsomuksellisiin kysymyksiin ja ihmisten välisiin vuorovaikutuksiin. Luomme todellisuutemme vuorovaikutuksessa muiden kanssa, mikä on opetussuunnitelman takana olevan sosiaalisen konstruktivismin mukainen ajatus (Heikkinen, Huttunen, Niglas & Tynjälä 2005, 346). Hakkarainen (2002) näkee, että opetussuunnitelmassa arvot ja sosiaalinen kehitys nostetaan esille, mutta niitä tarkastellaan yksilön ominaisuutena, mikä on ristiriidassa konstruktivistisen oppimiskäsitysten kanssa. Sisältöjen opettaminen aineittain jättää helposti syrjään sosiaalisen vuorovaikutuksen ja vastuun. Opetuksen tavoitteena on tällöin ainesisällön hallinta, missä on onnistuttu hyvin.

Kun tarkastelen koulufysiikan oppiainesta sitä kannalta, mitä yhteisöllisiä ja yksilöllisiä kasvatusaiheita se voisi sisältää, huomioni kiinnittyy tutkimuksessani vuorovaikutus - käsitteeseen ja havaintojen tekemiseen. Vuorovaikutuksia eri kappaleiden välillä voidaan käsitellä myös ihmisen kontekstissa. Ihmisen väliset ilmaisutavat ovat persoonaan liittyviä aiheita, kuten havainnointikin. Puhekielessä ja tieteessä käytetään eri termejä havainnoista. Havaitseminen on termi, joka liittyy tilanteen aistimiseen aistielimiemme avulla. Havaintojen tekeminen on luonnontieteissä käytetty termi, joka pyrkii tilanteen objektiiviseen, kokonaisvaltaiseen tarkasteluun esimerkiksi mittaamisen yhteydessä. Havainnointi on enemmän humanistisissa tieteissä käytetty termi: havainnoidaan esimerkiksi ihmisten käyttäytymistä. Havainnointiin sisältyy tieteen luonteeseen liittyviä filosofisia kysymyksiä. Näkö-, kuulo-, haju- , tunto- ja maku-elimet välittävät informaatiota itsestä ja ympäristöstä. Kun oppilaiden kanssa keskusteleen havainnointi- ja viestintäkeinoista, heitä kiinnostavat kysymykset, jotka samalla vahvistavat heidän itsetuntemustaan: miten opin, havaitsen, mistä pidän, mitä mieltä olen.

Fysiikan filosofisesta tarkastelusta löytyy aineksia vastaamaan oppilaiden eettisiin kysymyksiin. Voidaan esimerkiksi verrata luonnonlakeja ihmisen toimintaympäristössä vallitseviin lakeihin ja normeihin. Laaja filosofinen näkökulma fysiikkaan tekee siitä nuorille, erityisesti ymmärtämiseen pyrkiville tytöille, kiinnostavamman (vrt. Hoffmann 1997).

1.3 Kokonaisvaltainen fysiikanopetus - fysiikan valinnaiskurssi

Suunnittelin peruskoulun viimeiselle luokalle fysiikan valinnaiskurssin. Tavoitteenani oli luoda kurssi, jossa erityisesti otetaan huomioon oppilaiden eettinen kasvatus, arvo- ja asennetavoitteet sekä nykyaikaisen maailmankuvan rakentuminen. Näiden tavoitteiden mukainen opetus tapahtuu fysiikan opetuksen yhteydessä, joten etsin sisältöjä, joiden yhteydessä nämä tavoitteet toteutuvat. Oppimisen ja oppilaiden kohtaamisen kannalta kurssin

materiaalissa otan myös huomioon oppilaiden kiinnostuksen kohteet, heidän arkielämänsä. Toteutin kurssin Peltolan koulussa Vantaalla lukuvuonna 2001-2002. Kurssin tavoitteet ja materiaali olivat kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen mukaisia.

Kun tarkastelen koulun yleisiä kasvatustavoitteita, ne voidaan luokitella kahteen osaan: itsetuntemusta ja sosiaalisia taitoja koskeviin tavoitteisiin (kappale 2.3.1). Tämän perusteella fysiikan valinnaiskurssin suunnittelussa tarkastelin opetusmateriaalia, jonka tavoitteena oli laajentaa maailmankuvaa, auttaa oppilasta itsetuntemuksessa, arvojen ja asenteiden tunnistamisessa sekä kehittää vuorovaikutustaitoja. Aineisto pyrkii kehittämään opetusta, koska näkökulma on monitieteellinen ja lähtee oppilaan arkielämästä. Oppiaineen tavoitteet muodostuivat fysiikan opetuksen tavoitteista ja koulun yleisistä kasvatustavoitteista. ”Aineistossa on sisältöjä, jotka lisäävät itsetuntemusta, kehittävät ajattelua, kriittisyyttä, väittelytaitoja ja ongelmanratkaisukykyä ja vuorovaikutustaitoja. Opetusmenetelmänä on lähinnä keskustelu ja myös tutkiminen”, kerroin Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssin esittelyssä (LIITE 1).

Oppilaan omakohtainen maailmankuva ei muodostu ilman ajattelun taitoja. Klassisen fysiikan rajojen pohdinta, havaitsemisen, käsitteiden merkitysten ja vuorovaikutus rakenteiden analysointi sekä modernin fysiikan tutkimukset ja pohdinnat, esimerkiksi kvantti- ja suhteellisuusteoria, materian rakenne sekä käsitykset energiasta laajentavat fysikaalisen maailmankuvan aineksia ja antavat oppilaille todellisemman kuvan luonnon ja ihmisen toiminnoista.

Filosofian näkökulma asettaa fysiikan opinnot osaksi laajempaa kokonaisuutta, jossa voidaan tarkastella myös tieteen historiallista kehitystä ja sitä, mitä tiede on. Tiede on kehittyvää, ja sen saavutukset eivät ole absoluuttisia totuuksia. Fysiikka luo malleja todellisuudesta. Opiskelemme siksi, että haluamme tietää jotain tuntemattomasta. Esimerkiksi fysiikassa, jossa työskennellään paljon näkymättömien aiheiden kuten elektronin parissa, tarvitaan loogista päättelykykyä, jotta muodostuisi oikea uskomus. Fysiikka on luonnontiede, joka pyrkii vastaamaan täsmällisesti asetettuihin kysymyksiin. Se ei ole aina mahdollista, sillä maailmassa on vielä paljon tuntematonta. Kokemukseni mukaan riittääkin, että uusia näkökulmia tuodaan fysiikan opetuksessa esille, esitetään mielipiteitä ja asetetaan kysymyksiä. Filosofisiin ja eettisiin kysymyksiin ei ole täsmällisiä vastauksia.

Keskustelu filosofisista, kasvatuksellisista ja maailmankatsomuksellisista aiheista on hyvä opetusmetodi. Keskustelu on tavallisin ihmisten välinen kommunikointikeino ja innostava, kun se tapahtuu sopivassa tilanteessa. Keskustelu on aina uusi, ja siihen voidaan liittää ajankohtaisia asioita. Useat tutkijat ovat vahvistaneet opetuskeskustelun merkityksen käsitteen muodostusprosessissa (Ahtee & Pehkonen 2005; Beatty, Gerace, Leonard & Dufresne 2006; Crouch, Fagen, Callan & Mazur 2004; Hogan, Nastasi & Pressley 1999; Saari 1997). Keskustelulla on myös merkitystä, kun opettaja tutustuu oppilaaseen yleisemmin lisätäkseen ymmärrystään opetustilanteesta ja pystyäkseen selittämään tietoa aineistoa oppilaalle eri tavoin (Shulman 1986; Park & Oliver 2008, 279-280). Keskustelu on keskeinen osa vuorovaikutteista opetusta.

Tutkimukseni mukaan fysiikan valinnaiskurssi toteutti kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöjä, kasvatus- ja arvotavoitteita (kappale 1.1, luku 6.4) sekä nykyaikaisen maailmankuvan rakentumista. Havaintojen tekeminen on luonnontieteen tutkimustapa, jota voi myös opiskella. Monia fysiikan aiheita, esim. vuorovaikutusta, voidaan tarkastella useista näkökulmista, myös ihmisen kontekstissa. Kiinnostavat näkökulmat, kuten tieteen kehityksen

ja luonteen tarkastelu, innostavat oppilasta. Nämä aiheet laajentavat perinteisen fysiikan sisältöjen näkökulmia, ja näitä aiheita olen tuonut perusopetukseen.

2 Fysiikan opetuksen lähtökohdat

Tarkastelen ensin suomalaista fysiikan opetusta ja sen kehittämistarpeita (luku 2.1) ja perustelen tutkimukseni tarpeellisuutta. Sitten määrittelen fysiikan opettajan opetukseensa, sen suunnitteluun ja toteutukseen tarvitseman tiedon (luku 2.2). Se muodostaa tutkimukseni aineiston, jonka pohjalta etsin vastauksia tutkimuskysymyksiin. Myöhemmissä luvuissa (2.3 - 2.7) käsittelen tätä opettajan tietoa, johon kuuluvat seuraavat aiheet: yleiset kasvatustavoitteet, oppimiskäsitys, motivaatio ja kiinnostavuus, fysiikan opetussuunnitelmat ja aihekokonaisuudet. Opettajan tietoon kuuluvaa tietoa didaktiikasta ja opetuksen tutkimuksesta tarkastelen luvussa 3. Tämä aineisto (luvut 2.3-2.7 ja 3) muodostaa tutkimusaineiston, josta teen sisällönanalyysiä luvussa 6.1 ja piirrän käsittekartat.

2.1 Fysiikan opetuksen kehittämistarpeita

Fysiikan opettaja pyrkii toteuttamaan koulun kasvatustavoitteet ja fysiikan opetuksen tavoitteet koulun toiminnassa ja fysiikan oppisisällöissä eri menetelmin. Yksi fysiikan opetuksen tavoite, innostunut oppilas, ei aina toteudu. Makkosen (2003) mukaan suurin osa, yli 50 % luokanopettajista, pitää fysiikan opetusta vaikeaselkoisena ja teoreettisena tieteenä, jonka oppiaines ei kosketa oppilasta. Heidän mielestään todellinen elämä on muualla eikä fysiikka liity siihen eikä koulun muihin oppiaineisiin. Käsityksensä he ovat muodostaneet omien kouluaikeiden kokemusten pohjalta. (Makkonen 2003, 69, 85, 114.)

Uusimmassa fysiikan opetussuunnitelmassa painotetaan henkilökohtaista tiedon käsittelyn prosessia. Vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan fysiikan ja kemian opetuksen tehtävänä on laajentaa oppilaan luonnontieteellistä perussivistystä, käsitystä luonnontieteellisen tiedon luonteesta, vahvistaa kokeellisen tiedonhankinnan taitoja sekä ohjata luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, tiedonhankintaan ja tietojen käyttämiseen elämän eri tilanteissa. (Anon. 2004, 191, 195.)

Opetusta, jonka lähtökohta on kapea ja teoreettinen, kutsutaan usein perinteiseksi fysiikan opetukseksi. Perinteinen fysiikan opetus ei ole kiinnittänyt tarpeeksi huomiota kasvatuksen tavoitteisiin. Se on tuottanut tietoa, jota ei pystytä käyttämään todellisen elämän ongelmien ratkaisuihin. (Tynjälä 2002, 131.) Perinteisessä fysiikan opetuksessa rajoitetaan fysiikan käsitteiden ja lakien sekä joidenkin teknologisten sovellutusten opettamiseen, ja siksi se antaa oppilaille suppean, ehkä vähän mekaanisen, käsityksen maailmasta. Maailma olisi silloin kuin kone, jossa kaikki on tunnettua ja jonka toiminnat ovat ennustettavissa (Davies & Gribbin 1992, 24-28). Newtonin klassinen fysiikka synnytti mekanistinen maailmankuvan (Saarikko 1998, 98-100; Sahlberg 1997a, 31-32). Tämä ei vastaa reaalista kuvaa maailmasta, ei myöskään fysiikasta tieteenä, eikä tällainen opetus ole koulujen opetussuunnitelmien mukaista (vrt. Meisalo, Sutinen & Tarhio 2000, 36). Muun muassa ilmiöiden kaoottisuus ja mikrotason ilmiöt ovat ymmärrettävissä vain kvanttimekaniikan todennäköisyyskäsitteiden avulla, jotka osoittavat, etteivät kaikki ilmiöt ole ennustettavissa. Käsityksemme maailmasta ei ole lopullinen. Tiede kehittyy ja muuttuu, löydetään uusia selitysmalleja ja teorioita. Muun muassa säieteoria antaa ihan eri kuvan aineen rakenteesta kuin Bohrin atomimalli. Tunnamme vain 4 % maailmankaikkeuden aineesta, muu osa on pimeää ainetta ja energiaa (Rajantie 2005, 119). Klassinen fysiikka, kvanttifysiikka ja suhteellisuusteoria sisältävät tällä hetkellä keskenään ristiriitaisia aineksia. Peruskoulun fysiikan opetussuunnitelma ei sisällä modernia fysiikkaa, mutta jotenkin sen välittämä toisenlainen todellisuuskuva pitäisi välittää oppilaille.

Kaarle ja Riitta Kurkisuonion (1998b) mukaan fysiikan opetuksessa näkyvä jako teoreettiseen ja kokeelliseen lähestymistapaan on keinotekoinen, koska teoria perustuu aina havaintoihin ja empiriaan. Havainnot ja mielikuvat, empiria ja teoria rakentuvat ja kehittyvät yhtä aikaa. (Kurki- Suonio & Kurki- Suonio 1998b, 73.) Kokeellisuus on fysiikan opetuksen lähtökohta, mutta sen rinnalla tarvitaan luonnontieteellisen ajattelun ja ongelmanratkaisun taitoja. Saaren tutkimus (1997) vahvistaa, että luonnontieteitä tulisi opettaa kaikilla menetelmillä, joilla oppilaat saadaan ottamaan aktiivisesti osaa tutkimukseen (Saari 1997, 52). Myös Meisalo ym. (2000) korostavat, että opetuksen työtapaa valitaan riippuen asetetuista tavoitteista ja opiskelijoiden taustasta (Meisalo ym. 2000, 36). Eri työtavoilla on erilainen sosiaalisen vuorovaikutuksen luonne (Lavonen ym. 2006, 41).

Opetussuunnitelman perusteissa luonnontieteiden opiskeluun kuuluu kokeellinen työskentely (POPS 1994, 85, 89-90). Meisalon ja Lavosen (1994) mukaan kokeellisuus voi olla oppilaiden kehitystasosta, aihepiiristä, opetuksen vaiheesta ja välineistä riippuen oppilaiden omakohtaista työskentelyä, opettajan esittämiä demonstraatioita, vierailuja tai vain kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa. Kokeellisessa työskentelyssä toteutuvat useat kasvatustavoitteet: opitaan mm. ymmärtämään luonnontieteellistä ja teknistä maailmankuvaa, keskustelemaan havainnoista, käsitteistä ja periaatteista, esittämään, tulkitsemaan ja mallintamaan havaintoja, arvioimaan kriittisesti omia ja toisten tekemiä havaintoja ja mittauksia sekä soveltamaan opittua ongelmien ratkaisemiseen. (Meisalo & Lavonen 1994, 24.)

Kokeellinen työskentely antaa valmiuksia ja taitoja, joita voidaan käyttää muuallakin kuin luonnontieteiden opiskelussa. Meisalo ja Lavonen (1994) määrittelevät, että kokeellisuus kehittää oppilaan luonnontieteellistä ajattelua, laboratoriotyöskentelyssä tarvittavia teknisiä ja motorisia taitoja, havaitsemistaitoja, kommunikointi- ja yhteistyökykytaitoja, luovuutta, aloitteellisuutta, pitkäjänteisyyttä ja itseluottamusta, turvallisen työskentelyn taitoja, mielenkiinnon herättämistä ja asenteiden parantamista (Meisalo ja Lavonen 1994, 24). Meisalo ja Lavonen (1994) tarkastelevat erityisesti fysiikan opiskelun kokeellisuutta ja laajentavat laboratoriotyöskentelylle asetettavat tavoitteet yleisiksi ja monenlaiseen työskentelyyn sopiviksi. Oikein toteutettuna kokeellinen työskentely tukee oppilaskohtaista oppimisprosessia. Konkreettiset ja teoreettiset näkökulmat otetaan huomioon koejärjestelyjä suunniteltaessa ja toteutettaessa. Oleellisia ovat tulosten tulkinta ja tulkitsemisen tavoitteet. (Meisalo & Lavonen 1994, 24, 74-75.)

Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio (1998a) ovat tarkastelleet, miten persoonallinen kasvatus toteutuu fysiikan opetuksessa. He päätyivät tuloksiin, että fysiikan opetuksessa hankitut tiedot ja taidot kehittävät itseluottamusta ja turvallisuutta mystisten pelkojen vastakohtana sekä kykyä selviytyä uusissa tilanteissa. Luonnonlakien, mm. kausaalisuuden tuntemus, kasvattaa oikeudenmukaisuutta, luonnon välttämättömyyksien hyväksymistä, vastuuta ja etiikkaa. Fysiikan tutkimuksen menetelmät, kuten mittaaminen ja toistettavuuden vaatimus, antavat valmiuksia päätöksentekoon, oman ajattelun kontrolliin, objektiivisuuteen, yhteistyökykyyn ja sovittelunhaluun. Rakentumisperiaate antaa näkökulmia kokonaisuuksien hahmottamiseen ja vaikutusmahdollisuuksien näkemiseen ja opettaa analyyttistä ajattelua. Luonnon mittasuhteet asettavat ihmisen näkemään oman asemansa ja opettavat suvaitsevaisuutta toisia kohtaan. Dualismi ja kvanttimekaniikka näyttävät ajattelun ja oman aseman rajoitukset, käsitteellisen ajattelun tärkeyden. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 65-66.)

Huomion arvoista on, että edellisissä teksteissä tarkastellaan, mitä tavoitteita olemassa oleva opetus toteuttaa, eikä osoiteta fysiikan opetuksesta sisältöjä, joissa tavoitteet toteutuvat. Meisalo ja Lavonen (1994) liittävät koulun kasvatustavoitteiden toteutumisen kokeellisen

työskentelyyn. Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio (1998a) ovat selvittäneet kasvatustavoitteiden toteutumista fysiikan opetuksessa yleensä. Nykyisin nähdään, että persoonalliset tavoitteet ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostumisen toteutuvat fysiikan opetuksessa eri tavoin. Esimerkiksi fysiikan opetus ohjaa oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstä ja antaa valmiuksia keskustella energiavarojen käyttöön ja ympäristön suojeluun ja teollisuuteen liittyvistä asioista. Kriittisyyteen ohjaaminen tapahtuu eri toimintojen yhteydessä jatkuvasti; oppilaita kannustetaan perustelemaan vastauksensa ja esittämänsä väitteet. (Lavonen ym. 2006, 10.) Lavonen ym. (2006) mukaan oppilaita tulisi ohjata realististen ja mielekkäiden ongelmien äärelle ja luovaan toimintaan. Luova ajattelu edellyttää mm. sopivaa ilmapiiriä, myönteisiä ajattelutapoja ja asenteita, erilaisia kykyjä ja taitoja, erilaisten menetelmien tuntemusta ja niiden käytön hallintaa sekä luovan prosessin ja sen vaiheiden tuntemusta. (Lavonen ym. 2006, 44.)

Lavonen ym. (2006) esittävät ratkaisumalleja fysiikan opetuksessa tapahtuvaan arvo- ja asennekasvatukseen. Mutta opettajat eivät välttämättä tiedosta opetuksen kaikkia tavoitteita ja niiden toteutumista; tämä oli myös oma tilanteeni tutkimukseni alussa. Kaikki fysiikan opetuksen aiheet ja kokeelliset tutkimukset eivät aina liity oppilaan maailmaan läheisesti eivätkä siten kosketa oppilasta, joten persoonalliset tavoitteet, jotka koskevat asenteita ja arvoja, jäävät toteutumatta. Tarvitaan tutkimusta siitä, missä fysiikan oppisisällöissä erityisesti fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita ja koulun kasvatustavoitteita on mahdollista toteuttaa, kuten opetussuunnitelma edellyttää. Opetussuunnitelmassa mainitaan fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita mutta ei sisältöjä, joiden avulla ne toteutetaan (kappale 6.1.4). Tutkimukseni pyrkii selvittämään fysiikan opetuksen sisältöjä, joiden kautta myös kasvatustavoitteet toteutuvat. Tarkastelen pohdinnoissa (kappale 9.1.1) arvokasvatusta ympäristökasvatuksen yhteydessä.

2.2 Opettajan tiedon lähteet

Tässä luvussa määrittelen ensin sen tiedon, jota fysiikan opettaja tarvitsee opetukseensa suunnitteluun ja toteutukseen. Sitten käsittelen eri tulkintoja tämän tiedon rakenteesta. Lopuksi tarkastelen pedagogista sisältötietoa.

2.2.1 Opetuksen suunnittelu

Käytännön työssä opettaja käyttää suunnitteluunsa ensisijaisesti opetussuunnitelmaa, jossa selvitetään opetuksen tavoitteet ja sisällöt, ja soveltaa niitä opetusmateriaaliin mm. oppikirjoihin. Fysiikan valinnaiskurssin suunnitteluni alkoi ongelma-asettelusta, jossa tavoitteenani oli parantaa fysiikan opetustani. Lähtökohtana oli etsiä tiedon lähteitä, joista saan vastauksia kysymyksiini siitä, miten maailmankuvaan liittyvät ja arvo- ja asennetavoitteet voidaan toteuttaa fysiikan opetuksessa. Etsin tietoa kysymyksiini teorioista, jotka koskivat maailmankuvaa ja kasvatustavoitteista. Mutta koska pyrin näihin tavoitteisiin fysiikan opetuksessa, minun piti ottaa huomioon myös muut siihen liittyvät asiat: ainesisällön lisäksi kiinnostavuus, menetelmät, oppimisteoriat ja opetussuunnitelma, jotka pohjautuvat opetuksen tutkimukseen. Suunnittelin ja toteutin fysiikan valinnaiskurssin edellä mainitun tiedon ja käytännön kokemukseni perusteella. Valinnaiskurssin tavoitteiden, tehtävien ja opetusmenetelmien muodostumisprosessia olen kuvannut luvuissa 4.1-4.3.

Tutkimuksessani etsin kirjallisuudesta teorioita, jotka sopivat näkökulmaani. Viitekehyksen rakentaminen opetuksen suunnittelua varten alkoi suomalaisesta ainedidaktiikan perinteestä, johon on vaikuttanut saksalainen opetuksen tutkimusperinne. Shulman (1987; 1999) tarkastelee opettajan tiedon lähteitä tavalla, jotka vastaavat kokemustani. Opettajan tiedon lähteitä on Shulmanin (1987) mukaan neljä: 1) oma aine 2) opetusmateriaali ja koulutusrakenteet esimerkiksi opetussuunnitelma 3) opetusta koskeva tutkimusaineisto 4) käytäntö.

Shulmanin (1987) jaottelu tiedon lähteistä liittyy hänen kehittämäänsä käsitteeseen pedagoginen sisältötieto (*pedagogical content knowledge* = PCK). Pedagoginen sisältötieto kuvaa sitä, kuinka opettaja muuntaa käytännön opetustyössä hallitsemansa aihetiedon oppilaille sopivaan muotoon. (Shulman 1986, 4-14). Pedagoginen sisältötieto kehittyi tutkimuksessa, jossa havainnointiin valmistuneiden opettajien toimintaa. Shulman (1986) määritteli PCK:n opettajan omana ammattiymmärryksenä. Pedagoginen sisältötieto on opettajan taito yhdistää opetuksen sisältö pedagogiikkaan ja päättää, kuinka aiheet esitetään oppilaille. Shulman (1986) jakaa opettajan opetukseen tarvitseman tiedon kolmeen osaan: sisältötietoon, pedagogiseen sisältötietoon ja opetussuunnitelmaan. Pedagoginen sisältötieto käsittää opettajan valitsemien selittämistapojen lisäksi tietoa oppilaasta, hänen oppimisedellytyksistään ja ennakkokäsityksistään. (Shulman 1986, 6-14.) Myöhemmin Shulman (1987; 1999) kehitti määritelmäänsä; vuoden 1999 artikkeli on melkein synonyymi vuoden 1987 artikkelille. Opettajan tietoon Shulman (1987) liittää seuraavat kategoriat: sisältötieto, yleinen pedagogiikka, opetussuunnitelma, PCK, oppilaan tuntemus, oppimisympäristö, kasvatustavoitteet ja arvot. Tässäkin mallissa PCK yhdistää opettajan tiedon eri osa-alueet.

Shulman (1986; 1987) selvittää opettajan tiedon kategorioita tarkemmin. Shulmanin (1987; 1999) käsitteessä ”opettajan tieto” ovat mukana kasvatustavoitteet ja arvot, oppimisympäristö ja oppilaan tuntemus samantarvoisina muiden kategorioiden kanssa. Shulman (1986) painottaa opettajan sisältötiedon tärkeyttä opetuksessa, sen tehokkuudessa saada oppilas oppimaan. Opetuksen tehokkuus ilmenee siinä, kuinka innokkaasti oppilaat vastaanottavat opetuksen ja ovat valmiina yhteistyöhön. Opettajan on tärkeää tuntea oppilaansa ja hänen otettava huomioon oppilaiden virhekäsitykset opetettavassa aineessa. Opetusympäristö sisältää tietoa koulukulttuurista, oppilasryhmästä ja yhteisön kulttuuriympäristöstä. (Shulman 1986, 4-14.) Opettajan täytyy ymmärtää opettamansa aineen rakenne sekä käsitteiden ja tiedon periaatteet ja lähteet voidakseen ymmärtää aiheen keskeiset ideat ja sen, miten uusi tieto liittyy vanhaan. Opettajalla tulee olla laajasti tietoa, jotta hän osaisi yhdistää aihetiedon muihin ilmiöihin. Opettajalla pitää olla monia näkökulmia aiheesta voidakseen selittää saman käsitteen joustavasti ja monipuolisesti. Opettaja myös kommunikoi tietoisesti tai tiedostamattaan tiedon määrittelyyn liittyvistä ideoista, arvoista ja asenteista. Opetussuunnitelman tuntemus edellyttää opettajalta, että hän on tietoinen, miten opetettavan aiheen sisältö ja laajuus aiemmin esitetään opetussuunnitelmassa. (Shulman 1986, 6-14.) Opetussuunnitelmaan Shulman (1987) liittää opetukseen ja koulun menettelytapoihin liittyvän materiaalin, muun muassa arviointimateriaalin ja opetuksen tutkimuksen. Opetukseen liittyvä tutkimus on monisisältöinen: se sisältää opettamisen, koulutuksen ja oppimisen, oppilaiden virhekäsitykset, opetuksen metodit ja oppilaan kehittymisen. Shulmanin (1987) mukaan opetuksen tutkimus ei vielä pysty selittämään, mitä tietoja opettaja tarvitsee opetukseensa, ja opettajilla on vaikeuksia tunnistaa sitä. Opettajan pedagoginen sisältötieto kehittyy opettajan käytännönäytöstä ja kaikesta muusta tiedosta, joilla on vaikutusta toisiinsa. (Shulman 1987, 8-12.)

Shulmanin (1987) malli opettajan tiedosta sopii tutkimukseni viitekehykseksi, kokonaisvastaiseen fysiikan opetukseen tarvittavaksi tiedoksi. Järjestän tiedon kategorioita (1986; 1987) vastaamaan tutkimustani, joka on tehty suomalaisessa koulussa. Omassa tutkimuksessani opetussuunnitelma on aineisto, joka määrittää opetuksen tavoitteet ja sisällöt, joten kasvatustavoitteet ovat osa opetussuunnitelmaa. Aiemmassa mallissa Shulman (1986) liitti oppilaan tuntemuksen tärkeäksi osaksi opettajan pedagogista sisältötietoa. Oppilaan oppimisympäristön huomioon ottamista opettaja tarvitsee käytännön opetuksessaan, joten sekin on osa opettajan pedagogista sisältötietoa ja liittyy läheisesti oppilaan tuntemukseen. Tutkimuksessani on täten neljä tiedonlähdettä, joista saan vastauksia kokonaisvaltaista fysiikanopetusta koskeviin kysymyksiini: pedagogiikka, opetussuunnitelma, aineen hallinta ja opettajan pedagoginen sisältötieto.

Opetuksen tutkimuksen alueella terminologia ei ole selvä, sillä suomalainen kielenkäyttö perustuu saksalaiseen sanastoon. Yleisestä pedagogiikasta on tullut kasvatustiedettä, ja koulupedagogiikka on taas yleistä pedagogiikkaa siinä mielessä, kuin sitä harjoitetaan koulussa. Koulupedagogiikkaa ja didaktiikkaa on vaikea erottaa toisistaan, termejä on pidetty myös synonyymeinä. Didaktiikka on kuitenkin koulupedagogiikan ydin. (Kansanen 1990, 1, 9-16.) Didaktiikalla tarkoitetaan perinteisesti opetusta tarkastelevaa tiedettä ja oppia, opetustiedettä, opetusoppia (Kansanen 2004, 3). Didaktiikka sanaa on alettu käyttää 1970-luvulla opetusopin asemesta, ja se tarkoitti ensin lähinnä opetusmetodeja (Kansanen 1990, 1, 68, 108). Sitten didaktiikka jakaantui opetussuunnitelmaoppiin ja opetusmenetelmäoppiin (Kansanen 2004, 10), joissa on kysymys teorian ja käytännön välisestä suhteesta. Suomessa didaktiikka on laajentunut käsittämään kaikki koulun oppimiskokemukset (Kansanen 1990, 17). Didaktiikan kohteena on opetustapahtuman kokonaisuus, aina tavoitteista opetuksen tuloksiin, joista oppiminen on keskeisin (Kansanen 2004, 8). Opetusmetodeihin ja opetusta koskeviin päätöksiin vaikuttavat opetuksen päämäärät, sisältö ja oppimisympäristö (Uljens 1997, 73). Pedagogiikka ja didaktiikka tarkoittavat sekä oppia että tiedettä, kasvatustoteutus opetuksen yhteydessä (Kansanen 2004, 10-11). Didaktiikka tarkastelee sitä, kuinka kasvatustoteutusta koetaan (Uljens 1997, 6-8) ja voidaan määritellä tieteenä, joka käsittelee opetus-opiskelu-oppimisen prosessia (Uljens 1997, 43). Didaktiikka auttaa ymmärtämään ja analysoimaan opetusprosessin vaiheita: tavoitteellisuutta, opettajan ja oppilaan vuorovaikutusta, kulttuuri-kontekstia, sisältöä ja metodeja (Uljens 1997, 23-24) ja myös kieltä, joka mahdollistaa opetuksesta puhumisen (Uljens 1997, 91).

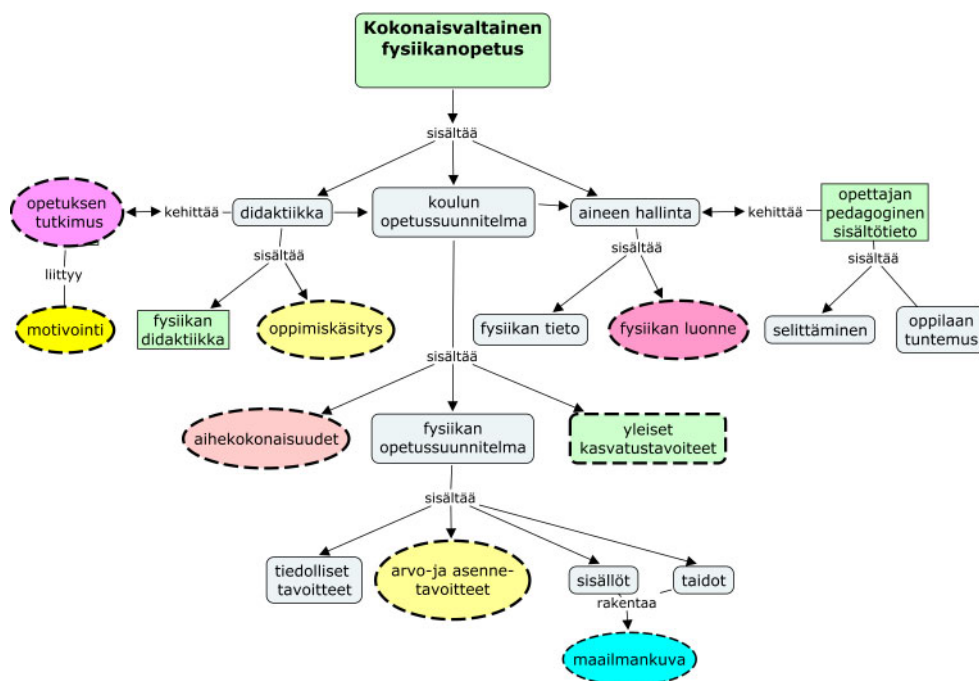
Didaktiikka on kasvatustieteen osa-alue, joka tutkii opetusta. Didaktiikka on laaja käsite, joka on opettajan työtä, opetussuunnitelmia, niihin perustuvaa suunnittelua, opetusta ja oppilaiden tavoiteltua oppimista ja sen arviointia tutkivaa ja kehittämään pyrkivää tiedettä. (Lahdes 1997, 37- 41.) Fysiikan didaktiikka tarkoittaa fysiikan opetukseen sovellettua didaktiikkaa. Didaktinen fysiikka taas tarkoittaa fysiikan opetukseen suuntautunutta fysiikan osa-aluetta. (Kurki- Suonio & Kurki-Suonio 1998b, 62-64.)

Ainedidaktiikka nähdään yleisdidaktiikan erityisalueena (Kansanen 1990, 6), ja sillä tarkoitetaan sitä asiantuntemusta, joka tarvitaan sisällön opettamiseen (Kansanen 2004, 73-74). Ainedidaktiikkaa käytetään Suomessa käsitteenä, joka sisältää aineen hallinnan, koulun opetussuunnitelman ja kasvatuksellisia näkökulmia, ja joka muun muassa se sisältää arvo- ja asennekasvatuksen (Cantell, Rikkinen & Tani 2007, 26, 53) sekä oppilaintuntemusta ja tutkimusta (Eloranta, Jeronen & Palmberg 2005). Termi on laaja. Esimerkiksi luonnontieteiden ainedidaktiikan erään määritelmän mukaan se sisältää ainetiedon lisäksi kasvatustiedettä, psykologiaa ja opetuskäytäntöä (Jalonen 2005). PCK:lla ja ainedidaktiikalla on sisällöllinen yhteys, koska ne molemmat sisältävät aineen sisällön ja yleisen pedagogiikan.

PCK on persoonallinen ja yksityinen tieto (Hashweh 2005), kun taas ainedidaktiikka on yleisempi. Se pyrkii vastaamaan kysymyksiin, jotka yhdistävät kouluaineen opetukseen. PCK on ainedidaktiikan tutkimusaihe. (Van Dijk & Kattmann 2007.)

Kun rakennan edellisen tarkastelun pohjalta kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tietopohjaa, käytän pedagogiikka-sanan tilalla didaktiikkaa, koska suomalaisessa opetusperinteessä se sisältää myös kasvatuksen. Jaan didaktiikan oppimiskäsitykseen, joka sisältää kaikki opetuksen vaiheet. Didaktiikan rinnalle asetan opetuksen tutkimuksen, koska opetuksen tutkimus kehittää didaktiikkaa ja didaktiikka-sanaa on korvattu nimikkeellä Opetuksen ja oppimisen tutkimus, vaikkei termi kata kaikkea sitä, mitä didaktiikka sisältää (Kansanen 2004, 3,14). Shulman (1986) asetti opetuksen tutkimuksen erääksi opettajan tiedon lähteeksi ja myöhemmin (1987) osaksi opetussuunnitelmaa. On ilmeistä, että opetuksen tutkimuksella on vaikutus kaikkeen opettajan tietoon. Oppimiskäsitys tarkoittaa tapaa, kuinka opitaan, se on uskomus siitä, miten ajatellaan oppimisen tapahtuvan ja edelleen, miten pitäisi opettaa ja opiskella (Kansanen 2004, 82-83). Koska tutkimuksessani yksi lähtökohta tavoitteiden saavuttamiseksi on oppilaiden elämää koskettavat kiinnostavat fysiikan ilmiöt, tarkastelen myös motivointia. Kouluopetuksessa motivaation aikaansaaminen on tarpeellista, koska oppilaiden motivaatio on edellytys tehokkaalle opetukselle (Kansanen 2004, 56). Motivaatio liittyy oppimiskäsitykseen ja myös oppilaantuntemukseen ja on tärkeä opetuksen tutkimuksen osa-alue sekä opetussuunnitelmissa mainittu tavoite. Merkitsen motivoinnin kuuluvaksi opetuksen tutkimukseen käsittekartassani.

Olen piirtänyt kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tiedon lähteistäni kaavion (Kuvio1). Näiden tiedon lähteiden sisältöä käsittelem tarkemmin luvuissa 2.3-2.7 ja 3.



Kuvio 1. Kokonaisvaltaisen fysiikanopetukseen tarvittavan tiedon jaottelu eri tiedon lähteisiin Shulmanin (1986; 1987) mallin pohjalta

Yhteyksiä käsitteiden välillä kuvaan nuolilla ja kaikkia yhteyksiä ei ole merkitty. Kuvioni ensimmäinen rivi vastaa Shulmanin (1986) määritelmää opettajan tiedosta (opetussuunnitelma, aineen sisältö ja pedagoginen sisältötieto) muuten, paitsi että mallissani ovat lisäyksenä didaktiikka (vrt. Shulman 1987) ja opetuksen tutkimus. PCK jakaantuu selittämiseen ja oppilaantuntemukseen (Shulman 1986). Aineen hallinta sisältää fysiikan tiedon lisäksi tietoja fysiikan luonteesta. Didaktiikka sisältää oppimiskäsityksen ja fysiikan didaktiikan. Koska tutkimukseni koskee fysiikan opetusta, tarkastelen fysiikan opetussuunnitelmaa osana suomalaisen koulun opetussuunnitelmaa, johon kuuluvat myös kaikkia koulun oppiaineita koskevat aihekokonaisuudet ja yleiset kasvatustavoitteet. Fysiikan opetussuunnitelmassa tarkastelen erityisesti tutkimuskysymyksiini liittyviä arvo- ja asennetavoitteita ja maailmankuvan rakentumiseen liittyviä fysiikan sisältöjä ja taitoja.

Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapooppaassa (Lavonen ym. 2006) tarkastellaan opettajan opetukseensa tarvitsemaa tietoa laajasti. Opettajan tulee ottaa huomioon opetuksen tavoitteet, oppilaat ja heidän ennakkokäsityksensä, opetuksen menetelmät, erityisesti kokeellisuuden merkityksen, opetus- oppimisprosessin, johon liittyy muistin ja ajattelun toiminnan tiedostamista, motivaatiota ja kiinnostusta. Nämä vastaavat omaa viitekehystäni.

Malli opetuksesta on yksinkertaistus, eikä siinä koskaan voi olla näkyvissä kaikki mahdollinen. Kansanen (2004) painottaa tavoitteiden merkittävyyttä opetuksessa. Opetuksen perustekijät ovat: opetussuunnitelma, yleistavoitteet, erityistavoitteet, etäistavoitteet ja lähitavoitteet, sisältö, metodi, konteksti, oppilas, opettaja ja perustekijöiden vuorovaikutus. Yleistavoitteiden merkityksen huomaa, kun ne jätetään ilmoittamatta, jolloin mikään ei ohjaa ajattelua. (Kansanen 2004, 25 -34.)

Oppimisympäristön merkitys näkyy mallissani eri käsitteissä. Esimerkiksi didaktiikka on aina sidottu siihen yhteiskunnalliseen kontekstiin, jossa sitä harjoitetaan, ja on riippuvainen taustalla olevasta tiedekäsityksestä (Kansanen 2004, 65, 67). Opetukseen liittyvän tiedon käsitteillä on useita yhteyksiä toisiinsa, ja esimerkiksi didaktiikka on myös opetussuunnitelma teoria tai opetusteoria (Uljens 1997, 45). Koulupedagogiikan ja didaktiikan yhteys tulee ilmi vaikeutena mieltää opetussuunnitelman ja didaktiikan välisiä suhteita (Kansanen 1990, 9-16). Didaktiikka ohjailee opetusprosessia tavoitteissa olevien arvoratkaisujen mukaan (Kansanen 1990, 85). Kasvatustavoitteet voidaan liittää myös pedagogiikka-käsitteeseen. Arvot ja kasvatustavoitteet liittyvät myös oppilaantuntemukseen, joka Cochranin, DeRuiterin ja Kingin (1993) mukaan sisältää oppilaiden kykyjen ja oppimisvalmiuksien tuntemuksen, tiedon heidän asenteistaan ja motivaatiostaan sekä aiheeseen liittyvistä ennakkokäsityksistä. Opetussuunnitelma sisältää jo aineen sisältötiedon, mutta myös tavoitteita ja menetelmiä, mikä on jo enemmän kuin vain aineen hallinta. Kaikki opettajan tiedon osat ovat vuorovaikutuksessa keskenään ja vaikuttavat opettajan pedagogisen sisältötiedon kehittymiseen.

Opetuksen yksilöllinen suunnittelu tapahtuu opetussuunnitelman, oppikirjan tai muun materiaalin pohjalta, jota voidaan sanoa yhteisöä koskevaksi suunnitteluksi. Vain yksilöllinen suunnittelu tavoittaa oppilaan, joten jokaisen opettajan täytyy suhteuttaa opetussuunnitelman tavoitteet omaan filosofiaansa. Opettajan pitää huomioida sen lisäksi opetettava aine, oppilaat ja opetuksen resurssit. (Uljens 1997, 62, 68-69.) Opetuksen sisältö pitää miettiä oppilaiden kannalta. Heidän kulttuuritaustansa ja psykologiansa täytyy ottaa huomioon eli se, kuinka oppilas oppii, miten hän kehittyy ja minkälainen persoonallisuus hän on. (Uljens 1997, 70.)

2.2.2 Opettajan tiedon tarkastelua

Tässä kappaleessa tarkastelen lähemmin opettajan opetukseensa tarvitsemaa tietoa ja sitten yksittäisen opettajan pedagogisen sisältötiedon kehittymistä.

Shulmanin (1986; 1987; 1999) käsitettä pedagogisesta sisältötiedosta on kehitetty edelleen. PCK:n eri määritelmissä näkyy PCK:n monimutkaisuus ja erilaiset käsitykset tiedon osa-alueiden liittymisestä toisiinsa. PCK:ta käytetään myös yläkäsitteenä, ja esim. erään määritelmän mukaan PCK:n eri alueet ovat aineen hallinta, pedagogiikka (luokkahuonetyö, kasvatustavoitteet) ja tilannetieto (koulu, oppilaat) (Magnusson, Krajcik & Borko 1999). Hashweh (2005) nimittää opettajan opetuksessaan tarvitsemaa tietoa pedagogiseksi konstruktioksi, jossa tiedon eri osa-alueet vuorovaikuttavat. Cochran, DeRuiter ja King (1993) laajentavat PCK-käsitettä konstruktivistisen näkökulman mukaan. PCK muodostuu heidän mukaansa neljästä komponentista: pedagogiikasta, ainetiedosta, oppilaan tuntemuksesta ja oppimisympäristöstä. Oppimisympäristö tarkoittaa opettajan ymmärrystä sosiaalisista ja poliittisista vaikutuksista oppimisprosessiin sekä kulttuurin ja fyysisen ympäristön vaikutuksen ymmärtämistä. Marks (1990) tutki matematiikan opettajien selittämistapoja tiedon välittämiseen oppilaille ja kehitti oppilaiden oppimisprosessin pohjalta uuden määritelmän pedagogista sisältötietoa varten. Sen perusideana on aineen hallinta opetusta varten, oppilaiden ymmärtäminen aineesta, aineen opetuksen apuvälineet ja opetusprosessit.

Kaikissa edellä mainituissa määritelmissä on samat opettajan tiedon käsitteet; painotukset vaihtelevat aina tutkimuksen mukaan. Cochran, DeRuiter ja King (1993) painottavat kulttuuriympäristön huomioon ottamista oppimisympäristönä. Magnusson, Krajcik ja Borko (1999) tuovat tiedeopetusta koskevassa tutkimuksessaan PCK:n käsitteeseen näkökulman tiedon laadusta, johon liittyvät muun muassa opettajan uskomukset ja tulkinnat. Opettajan uskomukset ovat mukana sekä ainetiedossa että pedagogisessa tiedossa. Opettajat painottavat eri tavoin opetuksen sisällön tavoitteita sekä valitsevat eri työtapoja. Uskomukset vaikuttavat opettajan päätöksiin, siihen, mitä ja kuinka hän opettaa. Magnussonin, Krajcikin ja Borkon (1999) mukaan pedagoginen sisältötieto tarkoittaa opettajan ymmärrystä siitä, kuinka auttaa oppilasta ymmärtämään opiskeltava asia. Tiedeopetuksessa pedagogiseen sisältötietoon liittyvät seuraavat asiat: asenne luonnontieteen opetusta kohtaan, tietämys ja uskomukset opetussuunnitelmasta, ja oppilaiden ymmärryksestä aiheesta sekä arviointi ja opetuksen järjestäminen. Fernández-Balboanin ja Stiehl (1995) tutkimuksen mukaan yliopistoprofessorien PCK:n kehittyneisyys riippui heidän uskomuksistaan, siitä tiedosta, joka ohjasi heidän päätöksiään ja toimiaan (Fernández-Balboa & Stiehl 1995, 304-305).

Tietoon liittyy aina myös opettajan arvot (Hashweh 2005; Shulman 1987; 1999). Omassa tutkimuksessani otan huomioon nämä näkökulmat ja tarkastelen muun muassa tutkimukseni paradigmaa (kappale 5.4). Edellä mainituissa tutkimuksissa opettajan pedagoginen sisältötieto on aihekohtainen. Fysiikan valinnaiskurssi sisälsi useita aiheita, mikä antaa perusteen ymmärtää pedagoginen sisältötieto yleisenä opettajan selittämisen taitona. Fernández-Balboa ja Stiehl (1995) jakavat PCK:n kahteen osaan, aihekohtaiseen ja yleiseen. Heidän mukaansa yleinen PCK tarkoittaa erityisesti opettajien pedagogisia strategioita ja päätöksiä siitä, miten asiatiieto esitetään oppilaille. Heidän tutkimuksensa osoittaa, että yliopisto-opettajilla on ainetiedon lisäksi yleistä pedagogista taitoa esittää tieto opiskelijoille ymmärrettävästi. Lopputuloksena Fernández-Balboa ja Stiehl (1995) määrittelevät PCK:n siten, että se sisältää peruselementit: asiatiiedon, opiskelijat, opetusstrategiat, opetusympäristön ja opetuksen tarkoituksen. Nämä komponentit eivät ole erillisiä vaan voimassa samaan aikaan. Yliopisto-

opettajilla opetuksen tarkoituksena on antaa kuva muuttuvasta ja kehittyvästä sisältötiedosta, joka mahdollistaa aktiivisen, kehittyvän, riippumattoman ja hyvän elämänlaadun. (Fernández-Balboa ja Stiehl 1995.) On laajasti hyväksytty, että PCK on yhteydessä opetussisältöön ja eroaa täten aineen hallinnasta (Van Dijk & Kattmann 2007, 890). Opettaja osaa selittää toisia aiheita paremmin kuin toisia.

Hashweh (2005) tarkasteli tutkimuksessaan fysiikan ja biologian opettajan suunnitteluprosessia, jossa hän kiinnitti huomiota opettajan ajatteluun. Suunnitteluprosessissa opettajan tulee ymmärtää oppilaiden tasoa ja oppimisedellytyksiä sekä erilaisia oppimisyhteyksiä ja yhteyksiä arkielämään. Opettajan kokemuksen myötä opetuksen suunnittelu kehittyy, ja hän käyttää enemmän muistissa olevaa tietoaan. Hashwehin (2005) mukaan opettajan pedagogiset rakenteet muodostuvat toistettavissa olevista tutuista opetuskokemuksista, joihin liittyy teoriaa ja käytäntöä, tutkimusta, kertomuksia, tunteita ja ajatuksia. Nämä seikat kasvattavat opettajan käytännöstä kehittyvää pedagogista sisältötietoa.

Tieteellinen tutkimus, teoria ja käytäntö ovat opettajan tiedon lähteitä. Käytännön työssä opettaja saa tietoa soveltamalla, kokeilemalla ja testaamalla sekä havainnoimalla. Vuoropuhelu oppilaiden ja kollegoiden kanssa syventää opettajan tietoa. Opettaja kokoaa ja muokkaa käyttötietoaan ja teorioitaan reflektoiden toimintaansa. (Kosunen & Huusko 2002, 208-209.)

Reflektio on oppimisen kontekstissa yleiskäsite niille älyllisille ja affektiivisille toiminnoille, joissa yksilö tutkii kokemuksiaan saavuttaakseen uuden ymmärryksen tason (Boud & Walker 1991, 11-19). Reflektoinnilla tarkoitetaan muun muassa asioiden ja toimintamallien pohtimista. Reflektoinnin kohteita voivat olla henkilö itse, toiset tai opiskeluympäristö. Pohditaan ja tarkkaillaan ajatuksia, tunteita, toimintatapoja ja oppimista. Metakognitio taas tarkoittaa sitä, että tarkkailun ja arvioinnin perusteella ymmärtää kognitiivisia toimintojaan ja on tietoinen muun muassa oppimisensa perusteista (Kumpulainen 2002; Kumpulainen & Wray 2002).

2.2.3 Opettajan pedagoginen sisältötieto

Opetukseen ja sen suunnitteluun vaikuttaa opettajan taito soveltaa hallitsemaansa tietoa. Tarkastelen tätä taitoa tarkemmin, koska käytin tätä tietoa fysiikan valinnaiskurssin suunnitteluun. Van Drielin, Verloopin ja de Vosin (1998) tutkimusten mukaan kokeneillakin opettajilla on erilainen PCK ja he esittävät aineen sisältöä eri tavoin. Opettajilla on heidän mukaansa rajoittuneita käsityksiä aineensa luonteesta sekä tieteiden historiasta ja filosofiasta. Seuraavassa tarkastelen opettajan pedagogisen sisältötiedon muodostumista, jotta voin sen avulla reflektoida omaa työtäni opettajana ja tutkijana. Teoria kehittyy ja syventää ymmärrystämme pedagogiikasta, mutta se ei ole vain käytännön kuvausta vaan jatkuvaa reflektiota (Uljen 1997, 10).

Opettajan on hallittava monelta eri tiedon ja taidon alalta tuleva oppiaines sekä opetuksen sisältötieto, joka hänen on pystyttävä muuntamaan oppilaan edellytysten mukaisesti. Tässä onnistuakseen opettaja tarvitsee tietoa oppilaastaan, heidän kokemuksistaan, ominaisuuksistaan ihmisinä ja opiskelijoina, samoin kuin siitä, mitä oppilaat ovat jo aiemmin käsiteltävästä aiheesta omaksuneet. (Shulman 1986; 1987). Kun opetus ja koulutus nähdään yhteiskunnallisena toimintana, tulee opettajalla olla myös yhteiskunnallista tietämystä (Tähtinen 1994, 58). Opettajan tulee tuntea opetusympäristöön liittyvä sosiokulttuurinen tieto ja se ympäristö, jossa tällä hetkellä elämme (Säljö 2004).

Park ja Oliver (2008) pyrkivät tutkimuksessaan ymmärtämään paremmin PCK:n käsitettä. PCK:n päämerkitys on sisältötiedon muuttaminen opetusta varten. Eri tutkijat kuvaavat tätä muuttamista eri tavoin, esimerkiksi puhutaan tiedon esittämisestä. PCK on opettajien ymmärrystä siitä, kuinka auttaa oppilasryhmää ymmärtämään opetettavaa ainetta. PCK:llä on kaksi dimensiot: ymmärrys ja käytäntöön paneminen. (Park & Oliver 2008, 262, 284.) Shulman (1987;1999) määrittelee pedagogista selittämistä seuraavasti: 1) Opettajalla on kyky muuttaa oppilaalle ymmärrettävään muotoon ja toimintaan oman ymmärtämisensä, taidot, asenteet ja arvot. 2) Opettajalla on monia keinoja tiedon selittämiseen, ja prosessina se on sykli: ymmärtäminen, tiedon muuttaminen, opettaminen, arviointi, reflektio ja uusi ymmärrys. Tämä opetusprosessi ei ole yksisuuntainen, vaan voi tapahtua samaan aikaan ja moneen suuntaan. Opettaja kykenee itsereflektioon, joka johtaa itsetuntemukseen, jolloin hän kykenee selittämään opetukseen liittyvät menettelytapansa. Tämä tekee opetustapahtumasta vielä monimutkaisemman. Jotta opetusprosessissa tapahtuisi uusi ymmärrys, tarvitaan dokumentointia, analyysiä ja keskustelua. (Shulman 1999, 70-75.) Marks (1990) pitää PCK:ta opettajan keskeisenä tietona ja kehittää PCK:ta tutkimalla, miten opettajien matematiikan tieto muuttuu pedagogiseksi sisältötiedoksi. Hän saa tulokseksi kolme tapaa muuttaa tietoa käytännön opetuksessa: tarkentamisen, tulkitsemisen ja synteetin teon avulla. Ne ovat keinoja, miten opettaja muuttaa ainetietonsa pedagogiikaksi. Cochranin, DeRuiterin ja Kingin (1993) mukaan opettajan keinoja tiedon rakentamiseen ja esittämiseen ovat mm. syntetisointi ja integrointi. Van Drielin, Verloopin ja de Vosin (1998) mukaan kriittinen keskustelu, analogiat ja metaforat mahdollistavat opettajan PCK:n kehittymisen esimerkiksi kemian opetuksessa. Tutkijat huomasivat myös visualisoinnin, toiston ja tarkan kielen käytön merkityksen oppimisessa. (Van Driel, Verloop & de Vos 1998, 689, 691).

Van Drielin, De Jongin ja Verloopin (2002) tutkimuksen mukaan opettajien tietoisuus pedagogisesta sisältötiedosta kasvaa kokemuksen lisääntyessä, jolloin opettajilla on enemmän tietoa oppilaiden virhekäsityksistä ja opetusstrategioista liittyen ko. aiheeseen. Pedagogista sisältötietoa kehittivät opettajan omat opetuskokemukset ja reflektointi sekä muiden opettajien oppituntien havainnointi, jolloin oli aikaa tarkkailla oppilaita. Parkin ja Oliverin (2008) tutkimuksen mukaan opettajat tuottivat tietoa opettaessaan. Ongelmanratkaisussa opettajien piti tutkia tietoa monista näkökulmista ja tehdä päätöksiä ja soveltaa tietoa. (Park & Oliver 2008, 278.) PCK kehittyi käytännössä ja siihen vaikuttavat oppilaiden kysymykset ja vastaukset, kriittinen ajattelu, sisältö ja oppilaiden käsitykset. Oppilaiden vastaukset voivat vaikuttaa opettajan PCK:hon vain, jos opettaja on tietoinen niiden merkityksestä oppimiseen. Opettajan pitää ymmärtää, mikä merkitys on oppilaiden ajattelulla ja tunteilla. Opettaja kehittää pedagogista sisältötietoaan reflektoidulla. (Park & Oliver 2008, 279-280.) Opettajien PCK myös muuttuu ja muotoutuu uudestaan jatkuvasti, ja se ilmenee opetuksen tehokkuutena. Opettajien käsitykset itsestään vaikuttavat heidän käytökseensä ja opetuksen tehokkuuteen. Opetuksen tehokkuus näytti lisääntyvän Parkin ja Oliverin (2008) tutkimuksessa, silloin kun opettaja koki onnistuvansa opetuksessa. (Park & Oliver 2008, 271, 278.)

Morine-Dersheimerin ja Kentin (1999) tutkimuksessa on todettu eroja opettajan mielikuvan ja luokkahuonekäyttäytymisen välillä. Opettajan käyttämä pedagoginen sisältötieto muodostuu henkilökohtaisesta sisältötiedosta ja yleisestä sisältötiedosta, joka löytyy teorioista. Tämän takia Morine-Dersheimer ja Kent (1999) pitivät keskustelua oppilaiden kanssa tärkeänä keinona ymmärtää oppimistapahtumaa. Myös Jauhiaisen (2005) tutkimuksessa ei nähty yhteyttä opettajan opetusta koskevien kokeellisten näkemysten ja oppilaiden ymmärryksen välillä. Jauhiaisen (2005) tutkimuksessa selvitetään opettajien pedagogisen sisältötiedon ja

oppilaiden käsitteellisen ymmärtämisen välistä yhteyttä Newtonin mekaniikan opettamisessa lukiossa.

PCK tarkoittaa opettajan opetuksen aikana käyttämää tietojen yhdistämistä. Samoja tietoja hän tarvitsee opetuksensa suunnitteluun ja sitten arviointiin. Opetuksen perinne on kehittänyt reflektiivisen teorian, joka käsittää opettajan ja oppilaan toiminnan koko opetusprosessin ajan. Reflektiivisen teorian mukaan opetusprosessissa on seuraavia vaiheita: oppilaan esiymmärrys, intentiot ja kokemukset, kollektiivinen suunnittelu, opettajan tekemä suunnittelu, opettajan ja oppilaan yhteinen suunnittelu opetuksen aikana, opettajan ja oppilaiden jatkuva arvioiva reflektio, opettajan arviointi opetuksen jälkeen, joka koskee yksilöllistä ja kollektiivista suunnittelua sekä opetuksen kontekstia. (Uljens 1997, 64-66.) Tämä malli pätee paitsi opetuksen suunnitteluun, myös arviointiin opetuksen jälkeen. Opettaja tarvitsee myös arviointia ja reflektiota, koska opettaminen ei takaa oppimista. (Uljens 1997, 60-61, 76.)

Opetusprosessissa opettaja on päämäärätietoinen ja hänen tietoisuutensa opetuksen tarkoituksesta määrää pedagogisen tavoitteellisuuden asteen. Opettaja tekee päätöksiä etukäteen, opetuksen aikana ja sen jälkeen. Päätökset koskevat opetuksen tavoitteita, sisältöä, selittämistapoja, metodeja, oppilaiden aktiviteetteja, opetuksen organisoimista ja opetussuunnitelmaa. Nämä toimet ovat persoonallisia näkökulmia opetukseen ja tietoon ja etiikkaan. Opettaminen on vuorovaikutusta ja oppilaan tietoisuus vaikuttaa myös siihen. Oppilas ei voi kuitenkaan vaikuttaa opetuksen suunnitteluun kuin rajoitetusti, joten hän on vähemmän vastuussa oppimisestaan kuin opettaja. (Uljens 1997, 60-61.)

Opettajan pedagogisen sisältötiedon sijasta on käytetty myös käsitettä opettajan pedagoginen ajattelu, jonka lähtökohtana on, että opettajan toimintaan vaikuttaa ainedidaktisen tiedon lisäksi se, että opettajan toiminnan taustalla on opettajan käyttötieto. Käyttötieto on opettajan henkilökohtaista ja toimintaan suuntautunutta, arvosidonnaista ja tavoitteellista tietoa, joka on muovautunut opettajan kokemuksiin, teoreettiseen tietoon ja toimintaan liittyvien tulkintaprosessien kautta. Kaikki uusi tieto suodattuu opettajan käyttötiedon kautta ja tämä vaikuttaa siihen, miten opettaja muuntaa toimintaansa. (Aaltonen 2003, 14, 19, 26.)

Pedagoginen ajattelu tapahtuu opetuksen kontekstissa, jossa on tavoitteena opetussuunnitelman toteuttaminen (Kansanen 2004, 87-88). Perimmäinen kysymys opettajan ajattelussa on se, miten hän perustelee päätöksiään siitä, mikä on vaikeaa. Päätökset perustuvat opettajan henkilökohtaiseen uskomusjärjestelmään. (Kansanen 2004, 93-95.) Omien perustelujen reflektointi lienee varmin keino pätevämpien perustelujen ajattelemiseen (Kansanen 2004, 109).

Opettaja itse tekee valinnat siitä, miten ymmärtää ainedidaktiikan ja pedagogiset valintansa. Opettajan tulisi kasvaa tietoiseksi valinnoistaan. Sormusen (2004) mukaan vasta silloin opettaja, joka on tietoinen sekä oppilaiden erilaisista tietoon ja tietämiseen liittyvistä näkemyksistä että omasta tietoteoreettisesta sitoutuneisuudestaan, kykenee tasapuolisesti ja kaikkia oppilaita huomioiden tukemaan, ohjaamaan ja kehittämään oppilaan tietokäsitystä (Sormunen 2004, 330-331).

2.3 Yleiset kasvatustavoitteet

2.3.1 Kasvatustavoitteet ja niiden luokittelu

Koulun yleiset kasvatustavoitteet pitää ottaa huomioon myös fysiikan opetuksessa. Opettajan pedagogiseen ajatteluun kuuluu oppilaan kokonaisvaltainen toiminnan ohjaaminen, jolloin opettajan on oltava tietoinen omasta ihmiskäsityksestä, oppimiskäsityksestä ja tiedonkäsityksestä. Opetuksen tavoitteena on globaali, holistinen ihminen. (Mäkinen 1998, 10.)

Mallissaan opettajan tiedosta Shulman (1987; 1999) nosti esiin kasvatustavoitteet, jotka ovat keskeisiä opetuksen tarkoituksen ja merkityksen ymmärtämiseen. Shulmanin (1999) mukaan oppilaalla on oikeus kunnioittavaan kohteluun, hänen tulee saada nauttia opetuksesta ja tietojen löytämisestä. Oppilaan tulee saada kehittää ymmärrystä, taitoja ja arvoja, joita tarvitaan toimimaan oikeudenmukaisessa yhteiskunnassa. (Shulman 1999, 71.)

Kasvatustavoitteet ovat hyvän ihmisen toiminnan malleja, jotka perustuvat Yhdistyneiden kansakuntien ihmisoikeuksien julistukseen. Opetushallitus korostaa asiakirjassa (POPS 1994, 9, 11) laaja-alaisen yleissivistyksen merkitystä ja oppilaiden kykyä toimia yhteiskunnassa. Koulun tulee välittää niitä arvoja, jotka edistävät yksilön vahvistumista ja yhteiskunnan säilymistä ja kehittymistä.

Suomalainen yhteiskunta on ilmaissut koulutuksen tavoitteet lainsäädännössään. Olennainen opettajan toimintaa ohjaava tekijä on opetussuunnitelma, jonka asettamat kasvatuksen päämäärät heijastavat yhteiskunnan arvoja ja perinteitä. Näiden seikkojen tuntemus ja toteuttaminen kuuluu opettajan ammattitaitoon. Toimintatutkimus, jossa opettaja on oman työnsä tutkijana mukana, voi auttaa opettajia saavuttamaan paremmin opetussuunnitelman eettiset tavoitteet. (Elliot 1991, 52.)

Suomessa koulukohtainen opetussuunnitelma tehdään nykyisin useaksi vuodeksi kerrallaan, mutta jokaiseksi lukuvuodeksi koulut laativat työsuunnitelman, joka on sen vuoden konkreettinen toimintasuunnitelma. Tämän suunnitelman mukaisesti opettajat ja oppilaat työskentelevät luokissa, ja opettaja suorittaa oppilaan arvioinnin hyväksytyjen kriteerien mukaisesti.

Tutkimukseni empiirisen osan aikana oli voimassa vuoden 1999 opetushallituksen ohjeeseen ”Perusopetuksen oppilaan arvioinnin perusteet” pohjautuva koulukohtainen opetussuunnitelma. Kasvatustavoitteet mainitaan koulun toiminta-ajatuksessa: ”Peltolan koulun perusarvoihin kuuluu yksityisyyden ja erilaisuuden kunnioittaminen sekä vastuullinen suhtautuminen tulevaisuuteen...Peltolan koulun opetus- ja kasvatustyö vahvistaa seuraavia nuorten ominaisuuksia. Tähän tavoitteeseen edetään yhteistyössä nuorten ja heidän vanhempiensa kanssa: terve itsetunto, vastuuntunto, omatoimisuus, luovuus ja muutosvalmius, yhteistyökyky, elämän arvostaminen.” (Anon. 1999b, 3.) Uudessa vuoden 2005 opetussuunnitelmassa on samansuuntaisia tavoitteita, mutta sosiaalisia taitoihin kiinnitetään huomiota enemmän: ”Koulujen keskeinen tehtävä on yhdessä kotien kanssa tukea oppilaiden kasvua sosiaalisiksi ja vastuuntuntoisiksi yhteiskunnan jäseniksi...Pyritään siihen, että oppilas ymmärtää olevansa osa ympäröivää yhteiskuntaa. Toisten huomioonottaminen, yhteistyökyky ja suvaitsevaisuus erilaisuutta kohtaan ovat tärkeitä.”(Anon. 2005a, 3-4.)

Kasvatustavoitteisiin pyritään muun muassa järjestämällä suotuisia ja elämäntaitoa lisääviä kokemuksia. Lapseen ja nuoreen on lisäksi vaikutettava herättämällä elämyksiä, avaamalla tunnekanavia, jotta positiivista kokemusta syntyisi. Parhaillaan auttava kasvatustavoite on elämässä selviytymisessä auttamista, voimavarojen, elämäntaidon, elämänilon, oman itsen - minuuden - ja elämän tarkoituksen löytämistä. (Mäki-Opas 1999, 33-34.) Nämä ovat haasteellisia tavoitteita koululle saati fyisiikan opetukselle, eivätkä ne monien mielestä toteudu.

Yleisten, persoonallisuuteen ja sosiaalisuuteen liittyvien, tavoitteiden saavuttamista on vaikea arvioida. Tavoitteet voidaan tulkita siten, että koululaista pyritään kasvattamaan tietoisemmaksi omista arvoistaan, ajatuksistaan ja taidoistaan. Mäki-Oppaan (1999) mukaan kasvatustodellisuudessa on käsiteltävä hienovaraisesti lapsen tai nuoren maailmankuvaa hänen omasta elämäntilanteestaan käsin, juuri tämän lapsen tai nuoren ehdoilla, hänen omaa kriittisyyttään rohkaisten ja hänen yksityisyyttään kaikin puolin kunnioittaen. Tällöin lapsen tai nuoren aito, omaleimainen olemassaolo ei vaarannu. (Mäki-Opas 1999, 33-34.) Arviointikäytännöt auttavat yleisten kasvatustavoitteiden saavuttamisessa. Jos arvioinnissa onnistutaan, opetussuunnitelma toteuttaa ohjaustehtävänsä ja edistää oppimisedellytyksiä. Oppilaan arvioinnin tavoitteena on opetushallituksen vuonna 1994 vahvistamien opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti tiedon antaminen tavoitteiden saavuttamisesta ja oppilaiden oppimisedellytysten tukeminen. Tavoitteena on, että oppilas konkretisoi opiskelunsa tavoitteet ja rakentaa minäkuvaansa arvioinnin avulla. (POPS 1994, 25.) Itsearviointi liittyy myös opetussuunnitelmakäsitteeseen. Se tulisi nähdä sekä koulukohtaisen opetussuunnitelman ja opetuksen kehittämisen välineenä ja oppilaan oppimisedellytysten parantajana.

Kasvatustavoitteet ja niiden toteutuminen on saanut kritiikkiä siitä, etteivät ne anna nuorille heidän tarvitsemiaan valmiuksia elämää varten. "Uusiksi kansalaistaidoiksi ovat nousemassa elämäntaidot: itsetuntemus ja sen avulla kyky ohjata omaa elämäänsä, itsensä rauhoittamisen taito, ongelmanratkaisutaidot sekä kyky löytää merkitystä omalle elämälleen ja elämän vaikeimmillekin ilmiöille.... Voin sanoa havainneeni selkeästi, kuinka peruskoulu... ei ole kyennyt tarjoamaan ... juuri minkäänlaista opetusta näissä taidoissa... Kansainvälisen kilpailun säädellessä koulupoliittisia ratkaisuja ja niiden kautta oppisisältöjä, on unohdettu se, että pitkässä juoksussa kilpailukykykin lopulta pohjaa näihin taitoihin ja lepää niiden varassa, puhumattakaan ihmisen itseisarvoisesta oikeudesta mielekkääseen elämään - tai elämään ylipäätään tällä maapallolla. " (Lähteenoksa 2005, 72-75.)

Hannula (2005) jakaa koulun kasvatustavoitteet yhteisöllisiin, yksilöllisiin ja tiedollisiin tavoitteisiin. Yhteisöllisyydellä hän tarkoittaa koulun roolia yhteiskunnassa ja yhteiskunnan yksilöä koskevia odotuksia. Näihin ominaisuuksiin kuuluvat vahva itsetunto, kritiikin sietokyky ja jäsentynyt maailmankuva. Yksilöllisiä tavoitteita ovat persoonallisuuden kehitys, teknologiset taidot, opiskeluvälineet, positiivinen asenne, monipuolinen maailmankatsamus, terveet arvot, hyvä itsetunto ja sosiaaliset taidot. Yksilölliset kasvatustavoitteet jakaantuvat tiedollisiin, persoonallisuuden ja sosiaalisiin tavoitteisiin. (Hannula 2005, 11-16, 20-21.)

Omassa tutkimuksessani pelkistän persoonalliset kasvatustavoitteet itsetuntemuksen lisäämiseksi ja sosiaalisten taitojen lisäämiseksi (kappale 6.1.2), joten tarkastelen aiheita erikseen. Itsetuntemus on sidoksissa käsitykseen ihmisestä, siksi tarkastelen sitä ensin. Tarkastelen myös tietoisuutta, koska kasvatustavoitteena on se, että oppilas tulee tietoiseksi asenteistaan ja arvoistaan. Tässä tutkimuksessa pyrin opettajana tulemaan tietoisemmaksi opetusprosessista ja auttamaan myös oppilaita sen tiedostamisessa. Kasvatustavoitteista on yhteenveto ja käsittekartta jäljempänä (Kuvio 2, kappale 6.1.2).

2.3.2 Ihmiskäsitys ja tietoisuus

Persoonallisuuden kehittämiseen ja maailmankuvan rakentamiseen tarvitaan kokonaiskäsitys siitä, millainen ihminen on. Tässä luvussa tarkastelen ihmiskuvaa, ihmisen mieltä ja ajattelun tasoa, tunnetta, intuitiota, tajuntaa, tietoisuutta ja todellisuuden luonnetta. Nämä ovat käsitteitä, joiden kanssa opettaja joutuu tekemisiin työssään.

Realistinen ihmiskuva käsittää ihmisen subjektina, jolla on periaatteellinen tahto ja kyky määrätä toimistaan. Ihmisen käyttäytyminen ei ole ennustettavissa, eikä se ole säännönmukaisuuksia. (Eskola & Suoranta 1998, 150.) Tämän takia on mielenkiintoista fysiikan opiskelussa verrata säännönmukaisia luonnonlakeja ”ihmisten elämän lainalaisuuksiin” (Kärnä 2001).

Ihmiskäsitys on asenne, joka koskee ihmistä yleensä (Kallio 2005, 13-14).

Koulukasvatuksessa ihmiskäsitys on löydettävissä opetussuunnitelmasta, ja opettajan tulee sitoutua siihen voidakseen toteuttaa arvokasvatusta (Kincheloe 2003, 206-207).

Opetussuunnitelmien tavoitteiden mukaista ihmiskäsitystä voidaan pitää holistisena, koska siinä otetaan huomioon ihmisen fyysisenä, sosiaalisen ja tiedostavana olentona. Rauhalan (1998) mukaan holistisen, kokonaisvaltaisen, ihmisen ominaisuuksia ovat kehollisuus, tajunnallisuus ja situationaalisuus, jotka ilmenevät aina yhdessä. Situationaalisuudella Rauhala (1998) tarkoittaa olemassaoloa suhteutuneena elämäntilanteeseen. Se tarkoittaa kaikenlaisia suhteita, reaalisia ja ideaalisia: sosiaalisia suhteita ihmisten välillä, suhteita luontoon ja ympäristöön, suhteita tieteeseen ja mielipiteitä sekä ihmisen maailmankuvaa. (Rauhala 1998, 29, 93.) Fysiikan termein sanottuna ihminen on vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Vuorovaikutustaito kuvaa henkilön suhdetta toisiin, luontoon ja kulttuuriympäristöön. Kansanen (2004) mukaan sana vuorovaikutus tulee sanasta interaktio, joka tarkoittaa kommunikaatiota ja toimintaa. Interaktio on sellaista vuorovaikutusta, johon opettaja ja oppilas osallistuvat aktiivisesti ja vastavuoroisesti. Jos interaktio laajennetaan välilliseksi, siihen liittyy muut, ei vastavuoroiset suhteet, kuten luonto. (Kansanen 2004, 37-38.)

Latomaan (2005) mukaan ” Ihmisen mieli eli psyyke rakentuu subjektiivisista merkityksenannoista ja merkityssuhteista. Mieli merkitysmaailmana on kokemuksia, muun muassa havaintoja, tunne-elämyksiä, mielikuvia, kuvitelmia, uskomuksia, ajatuksia, mielipiteitä, käsityksiä ja arvostuksia. Subjektiivisena merkitysmaailmana mieli on tutkijalle aistihavainnoin tavoittamattomissa. Mieltä voidaan tutkia vain, jos tutkittava kertoo tai muulla tavoin ilmaisee kokemuksiaan. Mielen tapahtumia tavoitetaan vain niiden ilmausten merkityssisällön ymmärtämisen avulla. (Latomaan 2005, 17.)” Oppimisprosessista saadaan tietoa vain oppilaan kertomana.

Opettaja joutuu tekemisiin oppilaan ajattelun tason kanssa. Peruskoulussa esiin tulevat fysiikan käsitteet ovat abstrakteja. Piagetin (1977) mukaan käsitteellisellä ajattelulla on useita vaiheita. Alakoululaisen ajattelu perustuu välittömiin aistihavaintoihin. Tätä vaihetta kutsutaan konkreettis-operationaaliseksi. Alakoululainen käsittelee syy- ja seuraussuhteita, mutta vain kahta muuttujaa kerrallaan siten, että toinen on riippumaton ja toinen riippuva. Hän käyttää analogioita, muttei pysty perustelemaan, koska hän ei tiedosta omaa ajatteluaan. Useiden vaiheiden kautta päädytään murroksiässä formaalis-operationaaliseen ajatteluun.

Perttula (2005) jakaa ihmisen kokemuslaadut neljään osaan: tietoon, uskoon, tunteeseen ja intuitioon. Tieto ja usko jäsentävät rakentavaa ymmärtämistä todellisuudesta. Tunne ja

intuitio tarkentavat sitä, mitä aiheeseen uppoutunut ymmärtäminen on. (Perttula 2005, 123, 124.) Intuition erottaa tunteesta siihen sisältyvä itsetiedostamisen kyky. Se esittyy ihmiselle varmuutena, jolla on eri tasoja. Intuitio voi vahvistaa ihmisen välistä yhteisymmärrystä muita kokemuslaatuja enemmän. (Perttula 2005, 127.)

Tunteet kehittyvät psyykkisessä toiminnassa ja elävät nykyhetkessä. Ne eivät vaadi muodostuakseen kieltä, käsitteitä eivätkä edes toisten ihmisten olemassaoloa. Ne eivät edellytä rakentavaa ymmärtämistä. Tunne auttaa ihmistä elämään eteenpäin, seuraavaan hetkeen. Tunnetihentymä koostuu useammasta tunteesta ja riuhtaisee ihmisen irti ymmärtämistä vaativasta aiheesta. Tunnetihentymä voi johtaa havahtumiseen, eli se luo kokemuksellisen välttämättömyyden tarkastella itseään. (Perttula 2005, 126.) Useimmiten tunnetihentymän sijasta puhutaan emootioista. Emootiot voidaan ymmärtää dynaamisina, etupäässä tiedostamattomina taustavaikuttajina, jotka säätelevät usein yksilön toimintoja tehokkaammin ja nopeammin kuin tietoisien kontrollin kautta on mahdollista tehdä. Ajattelu ja mielentila kytkeytyvät ilmeisesti suuressa määrin toisiinsa. (Perttula 2005, 127.)

Tietoisuus on ihmisen tajunnan merkitysrakenne. Tietoisuuden perimmäinen ominaisuus on intentionaalisuus. Tajunta on rationaalinen ja suuntautuu aina johonkin kohteeseen. Ihmisen tajunnan voidaan sanoa mahdollistavan ymmärtämisen. (Juntunen 1986, 6, 8.) Rauhalan (1998) mukaan ihmisen tajunta on tietoinen tai tiedostamaton. Tiedostamaton kokemus on joko ollut aikaisemmin tietoisuudessa tai kokemuksellinen aines on siinä vasta jäsentymässä tietoisien maailmankuvan merkitykseksi. Tiedostaminen on sitä, että maailmankuvassa avautuu paikka uudelle merkitykselle. Kun uusi merkitys loksauttaa paikalleen, koetaan ”ahaa-elämys”. (Rauhala 1998, 36-37.)

Fenomenologian mukaan tietoisuutta ei voi erottaa todellisuudesta, koska ulkoista maailmaa ei ole mahdollista tutkia puhtaana empiiristen faktojen kokoelmana, vaan on tutkittava ulkoisen maailman rakentumista ihmisen tajunnassa (Juntunen 1986, 7). Kun tajunnallinen toiminta valitsee kohteensa, ihminen kokee elämyksiä. Elämyksissä kohde ilmenee ihmiselle jonakin. Todellisuus ei ole enää merkityksetön, vaan tarkoittaa jotain. Todellisuus on erityistieteilijälle hyvin abstrakti sana. Elämäntilanne sen sijaan on käyttökelpoinen käsite: elämäntilanne (situaatio) on se todellisuus, johon ihminen on suhteessa. (Perttula 2005, 116-117.) Perttula (2005) erottaa toisistaan aineellisen, ideaalisen, elämänmuodollisen ja kehollisen todellisuuden. Tajunnallisen toiminnan kannalta ihminen ei ymmärrä mitään todellisuudesta, jos se ei sisälly hänen elämäntilanteeseensa. Sellaista todellisuutta ei ole ihmiselle olemassa eikä sillä ole hänelle mitään merkityksiä, ei epätodellisia tai todellisia. (Perttula 2005, 119.) Konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen liittyvä todellisuuskäsitys ei ole myöskään absoluuttinen (Meisalo ym. 2000, 36).

2.3.3 Itsetuntemus

Ihmisen itsensä tuntemus on mainittu tiedollisen kasvatusalueen tavoitteissa jo vuoden 1981 lukion opetussuunnitelmassa (Anon.1981, 48). Itsetuntemuksella tarkoitetaan ihmisen tietoista minäkuva. ”Minä” tarkoittaa ihmisen omaa kokemusta persoonastaan ja kykyä käsitellä kokemuksia. Voidaan puhua yksityisestä minästä, sosiaalisesta minästä ja ihanneminästä. Ihanneminän ja yksityisen minän välillä on jännite, joka osoittaa itsetunnon määrää ja terveyttä. Minäkuva on erilaisten ominaisuuksien, toimintojen ja päämäärien kokonaisuus, joiden avulla ihminen kuvaa itseään. (Keltikangas-Järvinen 2001, 97-99.) Keltikangas-Järvinen (2001) kuvaa ihmisen minän syntymistä vaihteittain. Kehitys tapahtuu

vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Ensin syntyy kehon minä, fyysisen erillisyyden tunne, sitten psykologinen minä. (Keltikangas-Järvinen 2001, 101-104.)

Yksilön minäkäsitys sisältää kaiken sen, mitä tiedämme ja uskomme itsestämme. Minäkäsitykseen liittyy itsearvostus, joka on yksilön oma arvio siitä, missä määrin hänen kykynsä ja ominaisuutensa, tietonsa ja taitonsa vastaavat hänen sisäistämäänsä arvoja, joita mahdollisesti ympäristössä arvostetaan. Erityisesti nuoruusikä on aikaa, jolloin yksilö etsii ja rakentaa identiteettinsä. Hän haluaa tuntea olevansa merkityksellinen toisille ihmisille, ja hän etsii myös sisäistä ykseyden tunnetta. (Pietarinen & Rantala 2002, 231-232.) Murrosikäinen on kehittymässä aikuiseksi ja pystyy kuvaamaan itseään psyykkisten piirteittensä kautta. Hän kuvaa ajatuksiaan ja mielialojaan eri tilanteissa ja alkaa olla tietoinen ihanteistaan ja päämäärästään. Kaverit vaikuttavat vielä hänen mielipiteisiinsä. Kypsä aikuinen minä on enemmän tasapainossa ympäristön kanssa. Sisäinen itsenäisyys kehittyy sisäisestä oman itsen ja tunteiden hallinnantunteesta. Aikuinen pystyy työstämään tunteitaan, kuten mm. mielipahaa. (Keltikangas-Järvinen 2001, 109-110, 115-119, 136-137, 142-145.)

Tunteiden säätelyn prosessissa nuorta voidaan auttaa antamalla hänelle käsitteitä itsen prosesseille. Mielipahaa ilmaisevalta lapselta tai nuorelta lohduttamisen sijasta voidaan kysyä: ”Onko sinulla paha olo?” Koulun tehtävä on antaa palautetta nuorelle, tukea itsetunnon kehitystä ja korjata lapsuuden vaurioita antamalla onnistumisen elämyksiä. Koulussa voidaan auttaa lasta kehittämään hallinnantunnettaan auttamalla häntä ymmärtämään syy ja seuraussuhteita ja kehittää päättelytaitoja. (Keltikangas-Järvinen 2001, 179-181, 238-240.) Tamminen (2004) mukaan tunteiden ilmaisua on tarpeen oppia muun muassa itsetuntemuksen ja sosiaalisen kanssakäymisen takia. Lapsi oppii kyvyn tuntea empatiaa ja tunnevuorovaikusta, kun aikuiset auttavat häntä tunnistamaan tunteita. Tunteilla on aivojen toiminnassa keskeinen rooli, sillä tunne arvottaa kaiken aivoihin tulevan informaation. Informaation vastaanottaminen ja ymmärtäminen tapahtuu tunteen kautta. (Tamminen 2004, 62-67.) Tunteet ovat tarpeiden maailman signaaleja (Aalto 2002, 14-15).

Yksilön välisillä sosiaalisilla suhteilla ja yksilön omalla kehityksellä on erittäin läheinen yhteys: Yksilön sosiaaliselle kehitykselle voidaan määrittää kaksi funktiota: 1) sosialisatio eli muihin liittyminen ja 2) yksilöityminen eli minätunteen ja persoonallisen identiteetin kehittyminen. Yksilöllä on tietty rooli suhteessa toisiin yksilöihin. Oppilaan rooliin liittyy tietty minä- ja tunnetila. (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231.)

Itsen tiedostaminen liittyy koulun kaikkiin oppiaineisiin ehkä eniten terveystietoon. Kotitalouden ja liikunnan yhteistyönä toteuttamalla Elämäntaito-kurssilla Hannukkala (2003) raportoi, miten itsetuntemusta lähestyttiin omien arvojen, kasvupaikkojen ja voimavarojen miettimisen kautta. Pidettiin esimerkiksi arvohuutokauppa. Myös koulun taideaineet lisäävät itsetuntemusta ja antavat aineksia eettisille pohdinnoille ja oppilaan kuuntelulle (Laitinen 2003).

Edellisen mukaan itsetuntemusta lisäävät tehtävät ovat ihmiseen itseensä liittyvää ilmaisua ja pohdintaa. Tiedostamista varten annetaan käsitteitä arvoille, asenteille, tarpeille ja tunteille. Oppilas tarkkailee ja havainnoi itseään ja tavallaan keskusteleekin itsensä kanssa. Ilmaistaan uskomuksia ja ajatuksia toisille. Mietitään syy- ja seuraussuhteita ja harjoitetaan päättelytaitoja. Tutkimuksen mukaan ihmiseen liittyvät tehtävät myös kiinnostavat oppilaita (von Wright 1986, 243-247).

2.3.4 Sosiaaliset taidot

Itsetuntemus kehittyy vuorovaikutuksessa ympäristön ja muiden ihmisten kanssa, joten itsetuntemus liittyy myös sosiaalisiin taitoihin. Yksilön sosiaalisen kehityksen näkökulmasta peruskoulun yläluokalla opiskelu on nuorelle muutosprosessi, jolloin hänen on uudelleen arvioitava omat roolinsa sosiaalisessa verkostossa. Nuoret odottavat henkilökohtaista tukea itsenäistymiskehitykselleen erityisesti muilta vanhemmilta kuin aikuisilta. Nuori arvioi onnistumistaan vuorovaikutustilanteissa opettajan kanssa vertaisryhmältä saadun palautteen perusteella. Opettajalla on oltava valmius ja halu suunnitella ja kehittää oppimisympäristöä niin, että se tukee oppilaiden tiedollisen kehityksen lisäksi sosiaalistakin kehitystä. (Pietarinen & Rantala 2002, 235, 238-239.)

Ainoastaan kommunikoimalla oppilaiden kanssa opettaja saa tietoa oppimisprosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten oppilaiden ennakkoasenteista ja -tiedoista (Kansanen 2000, 92-97). Kommunikointiin, informaation vaihtoon, niin itsen kuin ympäristön välillä, tarvitaan havaintokykyä, ajattelua, päättelykykyä, pohdintaa, väittelyä, keskustelua, kuuntelua, empatiakykyä ja tunteiden ilmaisua. Hyvin menestyville kouluille on yhteistä oppimisen ja opetuksen vuorovaikutteisuus. Erityisen lupaavilta opetusmenetelmiltä näyttävät ajattelun kehittämiseen tarkoitetut menetelmät ja yhteistoiminnallisuutta korostavat menetelmät. (Sahlberg 1997b, 463.)

Ajattelu on mielen toimintaa ja siihen kuuluu loogisen ajattelun muotojen, kuten päättelyn, lisäksi esimerkiksi havaitseminen, tunteet, arvot, luovuus, mielikuvitus ja toiminta. Moniulotteisessa ajattelussa on tasapaino kognitiivisten ja affektiivisten tekijöiden sekä havaitsemisen ja käsitteiden välillä. (Lipman 2003, 199-200.) Tärkeää on tuntea ongelmaratkaisun strategiat, joita oppija käyttää uuden tiedon omaksumisen keinoina. Tärkeää on myös oppijan tavoitteiden rakenne. Mielekkääksi koetaan nimenomaan omaan elämänsäkuuluun liittyvät haasteet. (Rauste-von Wright ym. 2003, 163.)

Ajattelu kehittyy mielekkäässä dialogisessa keskustelussa, johon liittyy kuuntelu ja omien mielipiteiden ilmaisu (Lipman 2003, 162- 166). Samalla oppilaan sosiaaliset taidot kehittyvät. Keskustelu ja mielipiteiden vaihto antavat tietoa myös yksilökohtaisista tavoista tulkita puhetta ja käsitteitä. Kommunikointiin ei tarvita vain yhteistä kieltä, vaan yhteistä viitekehitystä, jonka puitteissa viesti tulkitaan. Kielenkäytön filosofian ja diskurssi-analyysin piirissä on pohdittu kommunikoinnin edellytyksiä, kuten esim. tapaa, jolla viestintää säätelevät viestin lähettäjän ennako-oletukset vastaanottajan tavasta tulkita viesti. (Rauste-von Wright ym. 2003, 163.)

Kouluopiskelu sinänsä, koska se tapahtuu ryhmissä, kehittää sosiaalisia taitoja. Sosiaalisia taitoja voi oppia kaikissa koulun toiminnoissa ja opiskelutehtävien kautta. Oppilailla on seurallisuuden tarpeita, joita opettaja voi käyttää hyväksi antamalla tehtäviä, joilla on sosiaalista merkitystä (Koskeniemi 1977, 285). Opettaja opettaa sosiaalisuutta, kun keskustellaan käyttäytymisen säännöistä tai käsitellään niiden rikkomuksia. Oppitunneilla voidaan myös keskustella kansalaisen velvollisuuksista tai ”jokamiehen” oikeuksista luonnossa. Oppilaille voidaan antaa samaistumisen mahdollisuuksia historiallisiin henkilöihin. Oppilaiden on helppo samaistua sattuneisiin jokapäiväisiin arkielämän tilanteisiin, joista löytyy esimerkkejä eettiselle käytökselle. Tällaiset tilanteet vetoavat oppilaiden ajankohtaisiin tarpeisiin, ja heidän on helpompi omaksua periaatteita omaan elämäänsä. (Koskeniemi 1977, 285-290.) Saarikon (1998) mukaan teknologia ja fysiikan

historia ja filosofia voivat tarjota irrottautumista tiedekeskeisestä oppimisesta ja korostaa fysiikkatieteen inhimillisiä ulottuvuuksia (Saarikko 1998, 101-103).

Fysiikan opetuksessa käsitteet, fysiikan kieli, opitaan parhaiten vuorovaikutuksessa. Pienryhmissä opitaan puhumaan fysiikasta ja perustelemaan oma näkökanta ja mielipide. Omien arvojen tunnistaminen on mahdollista, jos vaikka perustelee väitteitä (Aalto 2002, 21-23). Aallon (2002) mukaan tärkeimmät vuorovaikutustaidot ovat vuorovaikutus itsen kanssa, eri mieltä olemisen taito, korjaavan ja myönteisen palautteen antaminen ja vastaanottaminen, oman virheen myöntäminen, pahan olon ilmaiseminen ja kyky helpottaa toisen pahaa oloa (Aalto 2002, 7).

Sosiaalisen kasvatuksen onnistumiseen vaikuttavat koulun ilmapiiri, ihmisten väliset suhteet, koulutyön määrätietoisuus ja viihtyvyys, oppilaiden osuus yhteisten asioiden hoitamisessa, koulun suhde ympäristöön ja opettajan auktoriteettiasema. Opetustilanteissa sosiaalisia taitoja edistävät eläytyminen hyviin kertomuksiin, perehtyminen ihmisten elämään, käytännöllisten työtehtävien oppiminen kodissa ja yhteiskunnassa, yhteisen työn suunnitteleminen ja työnjako, omien ja toisten aikaansaannosten arvioiminen, auttaminen ja avun hyväksyminen, vastuuntunnon ja empatian oppiminen, johtaminen ja alistuminen. (Koskenniemi 1977, 300-302.) Hannukkalan (2003) kokeilussa vuorovaikutustaitoja harjoiteltiin tehtävien avulla, joissa oli kuuntelua, mielikuvaharjoituksia, palautteen antamista ja itsen ilmaisemista minäviesteillä. Nämä taidot oppilaat kokivat tärkeiksi mm. riitatilanteissa. Opettajat pyrkivät nostamaan tilanteet tiedostamisen tasolle.

Yhteistoiminnallinen oppiminen kehittää ajattelua, persoonallisuutta ja sosiaalisia taitoja (Sahlberg & Leppilampi 1994, 156). Yhteistoiminnallisuus tarkoittaa työskentelyä pienissä ryhmissä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi (Sahlberg & Leppilampi 1994, 71). Yhteistoiminnallisia ja luovia työtapoja ovat yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmien lisäksi muun muassa roolileikki, väittely ja aivoriihi (Sahlberg & Leppilampi 1994, 163). Koskenniemen mukaan (1977) erityisesti vapaa työskentely, yhteiset retket, pelit ja näytelmät tarjoavat mahdollisuuksia sosiaalisuuden harjaantumiseen. Näissä tilanteissa opettaja huolehtii kaikkien osallisuudesta ja ohjaa suvaitsevaan ja toista kunnioittavaan käyttäytymiseen. (Koskenniemi 1977, 285-290.)

Sosiaalisten taitojen opettaminen liittyy enemmän menetelmiin kuin sisältöihin. Erityisesti vapaa työskentely, yhteiset retket, pelit ja näytelmät tarjoavat mahdollisuuksia sosiaalisuuden harjaantumiseen. Sosiaaliset taidot kehittyvät tehtävissä, joissa oppilaat käsittelevät hyödyllisiä arkipäivän tilanteita, työskentelevät esimerkiksi historiallisten kertomusten parissa, asettavat tavoitteita itselleen ja ilmaisevat omia mielipiteitään, osallistuvat opetuksen suunnitteluun sekä väittelevät.

2.4 Oppimiskäsitys

Tässä luvussa käsittelen konstruktivismia ja sosiokulttuurillista oppimiskäsitystä, joihin perustuvia piirteitä on opetussuunnitelmissa (Tynjälä 2005, 346). Yhteenveto ja käsitekartta (Kuvio 7) oppimiskäsityksistä ovat kappaleessa 6.1.7.

2.4.1 Konstruktivismi

Opetus on intentionaalista, tavoitteellista, toimintaa. Onnistuneessa opetustilanteessa on toivottavaa, että sekä opettaja että oppilaat asettavat tavoitteita. Opetuksen vuorovaikutustilanteessa oppilaan intentiona pitäisi olla jonkin tiedon tai taidon omaksuminen ja sisäistäminen. Opettajan intentiona on oppilaan oppimaan saattaminen, tukeminen ja auttaminen opittavaksi asetetun päämäärän saavuttamiseksi. (Aho 2002, 27.) Siitä, miten tämä päämäärä saavutetaan, on eri käsityksiä. Konstruktivistinen oppimiskäsitys on syrjäyttänyt aiemman opetussuunnitelmissa näkyneen behavioristisen oppimiskäsityksen.

Koulutusjärjestelmäämme säätelevät opetussuunnitelmat vuodesta 1994 alkaen ja uudet lakitekstit perustuvat osittain konstruktiviseen oppimiskäsitykseen (Tynjälä 2005, 346). Behavioristisen käsityksen ei katsota vastaavan nykytiedettä, opettaja ei voi siirtää suoraan tietoa oppilaalle. Tiedon siirto liittyy opettajan pedagogiseen sisältötietoon, se on opettajan selittämiskykyä, jonka tehokkuus kasvaa kokemuksesta (Shulman 1986).

Konstruktivismissa etualalle nousee muun muassa opettajan ja sen kautta myös opiskelijoiden tarkkavaisuuden suuntautuminen, se mitä ja miten opettaja on oppinut havainnoimaan ja mihin hän pyrkii suuntaamaan oppilaiden tarkkavaisuuden (Rauste-von Wright ym. 2003, 201). Konstruktivismia voidaan yhden näkemyksen mukaan pitää perspektiivinä, josta tietoa tarkastellaan (Haapasalo 1998, 95). Gresserin (2006) mukaan uusi tieto rakentuu olemassa olevan tiedon perustalle siten, että aiheutuu uusia yhteyksiä ja poistetaan vanhoja yhteyksiä (Gresser 2006, 16). Opiskelija valikoi ja tulkitsee informaatiota, jäsentää sitä aiemman tietonsa pohjalta ja siihen nivoutuvana sekä rakentaa kokemustensa välityksellä kuvaa maailmasta ja itsestään tämän maailman osana. Tämä konstruointi- eli oppimisprosessi on sidoksissa siihen tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Prosessi ankkuroituu sosiaalisiin vuorovaikutusprosesseihin ja niiden välityksellä syntyneisiin merkitysrakenteisiin. (Rauste-von Wright ym. 2003, 20.)

Konstruktiviseen oppimiskäsitykseen liittyy todellisuuden luonne, se miten siitä saadaan tietoa, miten ”opitaan” ja miten tieto voidaan siirtää muihin oppimisympäristöihin eli miten opittua osataan soveltaa. Nämä kaikki vaiheet liittyvät keskeisesti fysiikan opiskeluun. Kun fysiikan käsitteitä opitaan käyttämään uudella tavalla, rekonstruoinnissa niiden merkityksiä, ja jäsennämme samalla maailmankuvaamme. Tarkoituksena on, että yhdessä kontekstissa opittu tieto siirtyisi toisiin konteksteihin.

Taulukkoon 1 tein konstruktivistien ja behaviorististen paradigmojen vertailun Meisalon ym. tekstin perusteella (Meisalo ym. 2000, 36). Paradigma-termillä tarkoitetaan teorian taustalla olevia ontologisia, episteemisiä ja metodologisia periaatteita. Paradigmalla tarkoitetaan tutkijayhteisön omaksumia periaatteita, uskomuksia, arvostuksia ja periaatteita. (Niiniluoto 2002, 247-248.)

Haapasalo (1998) täydentää konstruktivismin periaatteita seuraavasti: Tiedon olemukseen vaikuttavat aina kokemusmaailma, käsitteistö ja näkökulma, joka kulloinkin synnyttää tietoa tai tarkastelee. Ihmiselle on lajityypillisesti kehittynyt kyky muodostaa nopeasti merkityksiä monimutkaisesta sosiaalisesta ympäristöstä ja toimia sosiaalisten normien puitteissa. (Haapasalo 1998, 95.)

Taulukko 1. Konstruktivistien ja behaviorististen paradigmojen vertailu

<i>Behavioristinen paradigma</i>	<i>Konstruktivistinen paradigma</i>
Todellisuus perustuu normaaliolosuhteissa Newtonin absoluuttisen avaruuden ja ajan käsitteelle. Einsteinin suhteellisuusteoriaa tarvitaan vain äärimmäisissä olosuhteissa.	Ontologinen todellisuus on irrelevantti, mikäli sitä ylipäättään on olemassa.
Luotettavaa tietoa saadaan havaintojen ja erityisesti tieteellisesti suunniteltujen tutkimusten avulla.	Absoluuttista totuutta ei voida koskaan saavuttaa.
Datan pohjalta kehitetään matemaattisia malleja ja johtopäätöksiä laajennetaan loogisen päättelyn avulla.	Tiedon omaksuminen perustuu sisäisen tietorakenteen kehittymiseen ja sitä edistää reflektointi, omien oppimiskokemusten pohdinta.
Tieto voidaan opetuksessa siirtää tehokkaasti opettajalta oppilaalle.	Jokaisen opiskelijan on itse konstruoitava tietokokonaisuus opettajan ja muiden opiskelijoiden kanssa tapahtuvassa vuorovaikutuksessa.
Opiskelun muotoja ovat luentojen kuunteleminen ja kirjallisuuden lukeminen.	Vain aktiivinen opiskelu johtaa oppimiseen.

Konstruktivismi on antanut opetuksen kehittämislle uuden lähtökohdan: oppilaiden käsitysten ja ajattelun tunteminen (Ahtee 1998, 158). Käsitteet voivat toimia ajattelun apuna vain, jos niitä pystytään käyttämään mielekkäästi sosiaalisen tiedonrakentamisen välineenä. Käsitykset oppimisesta ja oppijasta itsestä suuntaavat voimakkaasti oppimisprosessia. Näistä tietoiseksi tuleminen ja niiden joustavuus on muun käsitteellisen muutoksen edellytys. (Rauste-von Wright ym. 2003, 137-138.) Opetustyössä on tärkeää kartoittaa, millaisia opiskelijoiden tulkinnat tai käsitykset opetuksen kohteena olevista käsitteistä ja ilmiöistä ovat opetuksen alkaessa ja millaisia laadullisia muutoksi tapahtuu opetuksen kuluessa, miten oppilaat ovat tulkinneet asian. Jotta käsitykset voisivat muuttua, ensimmäinen ehto on, että nostamme ne tietoisuuteemme (Tynjälä 2000, 85). Kasvatuksen tarkoituksena ei ole edistää pelkästään tosiasioiden jäsentämistä vaan sellaisten asioiden uudelleenarviointia, jotka johtuvat ennakkoluuloista (Puolimatka 1995, 59-60).

Oppimisympäristöt ja -tilanteet olisi suunniteltava tiedon ja taidon tulevaa käyttöä ajatellen. Yhdessä kontekstissa opittu tieto ei automaattisesti siirry mielekkäästi toisiin konteksteihin. Siirtymiselle olisi luotava valmiudet jo oppimisvaiheessa. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että abstraktien käsitteiden oppiminen konkreettisen ongelmanratkaisun yhteydessä tukee käsitteen siirtoa uuteen tilanteeseen. Rauste-von Wright ym. (2003) mukaan aktiivinen tiedonsiirto (*transfer*) tarkoittaa metakognitiivisten taitojen tietoista käyttöä sovellettaessa opittua uudessa tilanteessa. (Rauste-von Wright ym. 2003, 130-131.)

Konstruktivismiin kuuluu myös, että opiskelija on tietoinen omista oppimisstrategioistaan. PISA-arvioinnissa (PISA 2000) todettiin, että oppimisstrategiat ovat prosessin ohjautumisessa ja edistymisessä tärkeä tekijä. Oppilaat, joilla on kyky hallita omaa oppimistaan, osaavat määrittää itselleen sopivat oppimistavoitteet ja valita sopivat opiskelutavat. Oppimisstrategioilla on tärkeä sija ihmisen elämän kaikissa vaiheissa. Strategioiden käytöllä oli kohtalainen yhteys osaamiseen. Pohjoismaisia tuloksia verrattaessa havaittiin, että oppimisessa on kognitiivisten ja affektiivisten elementtien välillä selvä yhteys.

2.4.2 Sosiokulttuurinen oppimiskäsitys

Viime aikoina on korostettu oppimisen sosiaalisuutta siten, että se tapahtuu vuorovaikutuksessa muiden kanssa muun muassa kielen välityksellä. Eräs opettamisen haasteista on opettaa oppilaat näkemään ja tulkitsemaan monesti jo tutut ilmiöt uuden kielen avulla (Viiri & Saari 2003, 152). Sosiokulttuurisen näkemyksen mukaan keskeistä oppimisessa on vuorovaikutus yksilön ja yhteisön välillä. Ajattelemme niiden kielellisten ilmausten muodossa olevien välineiden avulla ja välityksellä, joihin olemme törmänneet ja jotka olemme omaksuneet vuorovaikutuksessa muiden kanssa (Säljö 2004, 15-18).

Kemian ja fysiikan oppimista voidaan kuvata kielen, diskurssin, oppimisena (Viiri & Saari 2003, 154). Yksilökonstruktivismin ja opettajajohtoisen opetuksen sijaan tieto etsitään vuorovaikutuksessa, jossa olemassa oleva tieto sisäistetään ja konstruoidaan uudestaan. Suuri osa luonnontieteen tunnilla käsitellystä tiedosta on jo olemassa. Luonnontieteiden kokeiden tarkoituksena ei ole keksiä uusia käsitteitä, vaan toimia annettujen käsitteiden käyttöharjoitteluna (Viiri & Saari 2003, 154-155). Vygotskyn (1982) mukaan opetuksen tulee tapahtua lapsen lähikehityksen alueella, jossa lapsi ei pysty itsenäiseen vaan ohjattuun ratkaisuun (Vygotsky 1982, 173). Tämä on Vygotskin kehittämä termi, joka tarkoittaa etäisyyttä niiden toimintojen välillä, joita yksilö voi saavuttaa yksin ja toisaalta yhteistoiminnassa muiden kanssa (Säljö 2004, 119-121). Tämä tarkoittaa jatkuvaa erilaista vuorovaikutusta koko opetuksen ajan; yhteistoiminnassa pystytään ratkaisemaan vaativimpia ongelmia.

Oppiminen on sosiaalinen prosessi, johon vaikuttavat kulttuurilliset tekijät. Oppimiseen vaikuttaa sosio-emotionaalinen konteksti, jossa oppiminen tapahtuu. Opiskelijat rakentavat aktiivisesti kokemuksiin ja oppimista leimaa kokemuksen merkityksellisyys. Tällöin oppiminen voi muuttaa opiskelijan käyttäytymistä, persoonallisuutta ja asenteita. (Silkelä 2001, 21.) Oppiminen on kokonaisvaltaista, opiskelijaa monipuolisesti koskettavaa ja aktivoivaa toiminnallista oppimista, joka voi vaikuttaa opiskelijan eri aistikanaviin, tunteisiin, kokemuksiin, elämyksiin, mielikuviin ja mielikuvitukseen (Kallioniemi & Kaivola 2003, 242). Uudistava oppimisen prosessi kiinnittyy elämänkokemukseen. Kaikilla ihmisillä on tarve ymmärtää kokemuksiin ajattelemalla. Oppijan täytyy tutkia kriittisesti omia oletuksia ja uskomuksia. Elämänhistorian aikana syntyneiden kokemusrakenteiden tiedostaminen ja kriittinen reflektointi saattavat johtaa uudistuvaan oppimiseen ja toimintakäytänteiden muuttumiseen. (Ruohotie 2000, 185.)

Toimintateoreettinen lähestymistapa ja sosiokulttuurinen oppimiskäsitys korostavat oppimisen sosiaalista luonnetta. Myös kognitiivinen oppimisen tutkimus on nähnyt sosiaalisen vuorovaikutuksen merkityksen oppimisessa. Ryhmätyömuodot ja yhteistoiminnallinen oppiminen ovat levinneet myös työelämään. (Tynjälä 2000, 149.)

2.5 Motivaatio ja kiinnostavuus

Tässä luvussa käsittelen motivaation ja kiinnostuksen määritelmiä ja tutkimusta kiinnostavuuden herättämisestä. Motivaatiosta ja kiinnostavuudesta olen tehnyt yhteenvedon kappaleessa 6.1.7, jossa on myös käsitekartta (Kuvio 6).

2.5.1 Motivaatio ja oppiminen

Kiinnostavuus näkökulma on tärkeä opetuksessa, sillä se motivoi oppilasta opiskeluun ja on oppimisen yksi edellytys. Motivaatio liittyy toiminnan tavoitteellisuuteen. Nykyisin kouluopetuksen menestyksen ehtona pidetään yhä useammin sitä, että oppilaat omaksuvat oppimisen keskeiseksi tavoitteekseen ja pyrkivät organisoimaan toimintaansa sen toteuttamiseksi. (Rauste-von Wright 2003, ym. 58.) Motivaatio voi olla sisäistä tai ulkoista. Sisäiseen motivaatioon liittyy kokemuksen iloa, kiinnostusta ja päättäväisyyttä, kun taas ulkoinen motivaatio riippuu enemmän ympäristön vaikutuksista (Hidi & Harackiewicz 2000, 151-179).

Motivaatio kuvastuu toiminnan tietoisissa tai tiedostamattomissa tavoitteissa. Tavoite säätelee sitä, mitä yksilö pyrkii tekemään. Oppimista säätelevät yksilön teot ja hänen saamansa palaute sellaisena, kuin hän itse sen tulkitsee tai kokee. Oppimisen kannalta tärkeitä eivät näin ollen ole vain toiminnan tavoitteet vaan myös ne keinot, joilla tavoitteisiin pyritään. (Rauste-von Wright ym. 2003, 57.) Tavoitteet vaikuttavat yksilön ajatuksiin, tunteisiin ja käytökseen. Oppilaiden tavoitteet voidaan luokitella päämäärähakuisiin ja hyväksymistä hakeviin tavoitteisiin. Päämäärähakuinen oppilas pyrkii ymmärtämiseen ja uusien taitojen saavuttamiseen, hän ei pelkää haastavia tehtäviä eikä epäonnistumista ja uskaltaa ottaa riskejä menestyäkseen. Minäkeskeiset, hyväksymistä hakevat oppilaat välttävät haasteita eivätkä halua yrittää. (Hidi & Harackiewicz 2000, 160-161.)

”Motivaatiolla tarkoitetaan voimaa, joka ohjaa, suuntaa ja ylläpitää yksilön toimintaa.” (Tynjälä 2002, 98). Asiantuntija tarvitsee sisäistä motivaatiota, joka on pitkäaikaista ja riippumatonta ulkoisista tekijöistä. Motivaatio, joka ilmenee sisäisenä palkkiona ja tyytyväisyyden tunteena, on koulukasvatuksen tavoite. Jos opiskelijalla on voimakas motivaatio kehittyä ja kasvaa, hän on tyytyväisempi. (Ruohotie 1998, 47.) Lepola ja Vauras (2002) antavat motivaatiolle ”kaavan”: Motivaatio = tavoitteet x tunteet x henkilökohtaiset uskomukset. Motivaatiota voidaan kuvata yksilön käyttäytymisen voimakkuuden eli intensiteettiin ja käyttäytymisen laadun eli toiminnan suuntautumisen näkökulmista. Tavoitteet suuntaavat yksilön toimintaa, tunteet ja emotionaaliset kokemukset virittävät tai ehkäisevät tavoitteellista toimintaa ja odotukset sekä uskomukset tehostavat tai ehkäisevät päämäärään suuntautuvaa käyttäytymistä sen mukaan, miten yksilö ajattelee pystyvänsä saavuttamaan tavoitteen ja miten ympäristö tukee näitä pyrkimyksiä. (Lepola & Vauras 2002, 15.) Motivaatio ilmenee oppilaan kiinnostuksena.

Kiinnostus kuvaa yksilön aktiivista suhdetta johonkin aiheeseen (Krapp 1999) ja sillä on kognitiivinen ja affektiivinen komponentti. Kiinnostus voi olla asioista pitämistä, se voi olla tilannesidonnoista tai henkilökohtaista. Henkilökohtainen kiinnostus kehittyy hitaasti ja on melko pysyvää ja siihen liittyy tiedon lisääntyminen, arvot ja positiiviset tunteet. Tilannekohtainen kiinnostus tarkoittaa välitöntä tunnereaktiota, joka voi olla positiivinen tai negatiivinen ja joka ei kestä kauan. Tilannekohtaisella kiinnostuksella on merkitystä opinnoissa, jotka ovat oppilaille uusia. Tilannekohtaista kiinnostusta voidaan ylläpitää, kun oppilaita autetaan löytämään henkilökohtainen merkitys aiheelle. Tilannekohtainen kiinnostus voi johtaa henkilökohtaisen pysyvään kiinnostukseen, kun oppilas esimerkiksi alkaa reflektoida uutta tietoa omaan kokemukseensa. (Hidi & Harackiewicz 2000, 151-158.) Toistuvasti koettujen positiivisten tunne-elämysten ja merkitysten kautta tilannekohtainen kiinnostus voi kehittyä pysyväksi kiinnostukseksi oppiainetta kohtaan (Krapp, Hidi & Renninger 1992, 3-19).

Motivaatio, kognitio ja tunteet liittyvät syvästi yhteen. Niihin voi vaikuttaa tietoisesti tai ne tapahtuvat automaattisesti, tiedostamatta. Tunteet voivat liittyä kuviteltuun tai todelliseen tilanteeseen tai olla muisto menneestä tilanteesta. Kognitio on prosessi, joka auttaa yksilöä tiedostamaan ja saamaan tietoa jostain kohteesta. Kognitiivisia rakenteita huolehtivia käsitteitä ovat havaitseminen, ymmärtäminen, ajattelu, järkeily ja päättely. Kognitiossa yksilön uskomukset vaikuttavat ympäristön havaitsemiseen ja sen tulkintaan. Hänen kokemuksensa luo vaihtoehtoisia tapoja toimia ja odotukset mahdollistavat niiden arvioinnin. (Hannula 2004, 57.)

Yhteenveto

Jotta opettaja voisi motivoida oppilaita, hänen tulee järjestää opetustapahtuma siten, että oppilaat ottavat oppimisen tavoitteekseen ja he tulevat tietoisiksi uskomuksistaan, ajattelutavoistaan ja tunteistaan. Uskomukset vaikuttavat ympäristön havaitsemiseen ja sen tulkintaan. Tynjälän (2002) mukaan oppilaiden omatoimisuutta, aloitteellisuutta ja itsenäisyyttä tukeva ympäristö edistää sisäisen motivaation kehittymistä. Mikäli oppilaat huomaavat opettajan arvostavan itsenäistä ajattelua ja työskentelyä, he todennäköisesti alkavat myös toimia opettajan odotusten mukaan. (Tynjälä 2002, 109.) Yhteistoiminnallista oppimista koskevan tutkimuksen tulokset osoittavat, että ryhmäopetusmenetelmä vaikuttaa myönteisesti oppilaiden opiskelumotivaatioon sekä myös oppimistuloksiin ja sosiaalisiin suhteisiin (Sharan & Sahlberg 2002, 393).

2.5.2 Kiinnostavuuden herättäminen

Oppilaiden kiinnostuksen herättäminen tulee ottaa huomioon kaikissa opetusmenetelmissä. Kiinnostavuus on yhteydessä motivaatioon ja sitä kautta ymmärtämiseen. Oppilaan kiinnostus voi olla tilannekohtaista ja riippuu opettajan ja oppilaiden välisestä vuorovaikutuksesta. Useat tutkimukset osoittavat, että opiskelijoiden kiinnostus opiskeltavia asioita kohtaan johtaa syväoppimiseen, jolloin opittuja tietoja voidaan käyttää uusissa tilanteissa. (Lavonen, Juuti, Byman, Uitto & Meisalo 2005a; Lavonen, Juuti, Meisalo & Byman 2005b.) Opettajan kannattaa tavoitella tilannekohtaista kiinnostusta esimerkiksi materiaalin avulla, jossa on monia oppilaan elämään liittyviä näkökulmia. Oppilailla on myös taito muuttaa ikävä tehtävä suorituksen ajaksi kiinnostavaksi esimerkiksi laskemalla leikkiä. (Hidi & Harackiewicz 2000, 151-179.) Tämän mukaan luokan ilmapiiri vaikuttaa opiskelun kiinnostavuuteen.

Laajassa peruskoulun yhdeksäsluokkalaisille tehdyssä tutkimuksessa tuli ilmi, että eniten oppilaita kiinnostavat mystiset ilmiöt, terveyteen liittyvät ilmiöt ja tähtitiede (Lavonen ym. 2005e; Lavonen ym. 2005c). Lavosen, Juutin ja Meisalon (2005d) lukion oppilailla tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että oppilaat olivat kiinnostuneita keskustelusta pienissä ryhmissä, ja että heitä kiinnosti ajattelun taitojen kehittäminen, aineiston hyödyllisyys ja osallistumien kurssin suunnitteluun (Lavonen, Juuti Meisalo 2005d, 221-224; 2005e, 16-20). Oppilaita kiinnostaa läheisesti omaan elämänpiiriin ja ihmisyyteen kuuluvat asiat, joita pohditaan yhdessä. Samanlaisia tutkimustuloksia on aiemmin muualtakin kuin fysiikasta. Kun oppilaita pyydetään opettelemaan adjektiiveja, parhaaseen oppimiseen johtaa sanojen suhteuttaminen omaan minään (von Wright 1986, 243-247). Useimpien tutkimuksen mukaan asioiden suhteuttaminen omaan itseen on tehokas tapa käynnistää oppimisen liittyviä prosesseja.

Poikien ja tyttöjen kiinnostus fysiikan opiskeluun riippuu kontekstista. Poikia kiinnostavia aiheita ovat teknologiset sovellukset, jotka eivät kiinnosta tyttöjä. Tyttöjä kiinnostaa opiskelu ihmisen kontekstissa, joka kiinnostaa myös poikia. (Juuti, Lavonen & Meisalo 2004, 38-41.)

Hoffmann (1997) on tutkinut tyttöjen kiinnostusta ja todennut tutkimuksissaan, että kiinnostavat aiheet vaikuttavat oppimiseen. Kun tytöille opetetaan luonnontiedettä heitä kiinnostavista aiheista käsin omissa ryhmissään, saadaan pysyviä oppimistuloksia, ja heidän kognitiiviset ja affektiiviset taitonsa paranevat. Hoffmannin (1997) mukaan tyttöjä kiinnostavat aiheet, jotka liittyvät luontoon, ja ilmiöt, joita voidaan havaita aistien avulla. Tytöt pitävät tärkeinä ihmisiin ja sosiaalisiin aiheisiin liittyviä sisältöjä ja teknisiä sovellutuksia. Myös pojat ovat kiinnostuneita näistä aiheista. Oppilaan fysiikan minäkuva vaikuttaa eniten kiinnostukseen, joka kohenee, kun opetuksen konteksti on kiinnostava.

Fysiikan kiinnostavuuteen vaikuttaa konteksti, jossa fysiikan oppisisällöt esitetään. Yhdysvaltalaisessa (Kumar & Brown 1999) fysiikan kurssissa ”Physics through the ages” fysiikka liitetään kulttuuriin. Sisällöissä painotetaan Kreikan filosofien ajattelua ja fysiikan uudenaikaista kehitystä. Tämän tyyppiset kurssit tarjoavat perusteet historialliseen ja maailmankatsomukselliseen lähestymistapaan fysiikan ja tieteen opetuksessa. Lisäksi opiskelijat oppivat uusia suhtautumistapoja muuttuviin olosuhteisiin ja muuttuviin ongelmiin. (Kumar & Brown 1999, 365-368.)

Yhteenveto

Edellisten tutkimusten mukaan kiinnostavimpia ovat tehtävät, jotka ovat mielekkäitä ja henkilökohtaisesti merkityksellisiä oppilaille, kuten todellisen elämän ongelmatilanteiden ratkaisu, harrastuksiin ja omaan kokemusmaailmaan liittyvät asiat. Opettajan on hyvä tuoda ilmi fysiikan ilmiöiden kulttuurillinen sidonnaisuus. Motivaation kannalta on tärkeää tiedostaa oppilaiden tarpeet ja tunteet. Hannulan (2004) mukaan opettaja voi käyttää hyödyksi oppilaiden tarpeita niiden kontrollin sijasta. Esimerkiksi työskentely avoimien ongelmien ja probleemien parissa tyydyttää oppilaan autonomisuuden tarvetta. (Hannula 2004, 58-59.) Oppimistulosten kannalta tärkein on itsearvostuksen tarve. Muita tarpeita ovat toimeentulotarpeet, liittymistarpeet ja kasvutarpeet. (Ruohotie 1998, 51.)

2.6 Fysiikan opetussuunnitelmat

Tarkastelen tutkimukseni kannalta keskeisiä asioita fysiikan opetussuunnitelmissa, arvo- ja asennetavoitteita ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostamista. Käsittelen myös opetussuunnitelmassa mainittua luonnontieteen luonnetta (Anon. 2005b, 106). Analysoin fysiikan opetussuunnitelman kappaleessa 6.1.4 ja piirrän käsitekartan fysiikan luonteesta (Kuvio 4).

2.6.1 Asenne- ja arvotavoitteet fysiikan opetussuunnitelmissa

Opetussuunnitelmassa on yleinen osa, jossa on mainittu kaikkia oppiaineita koskevat kasvatustavoitteet ja sitten ainekohtaiset osiot. Tässä luvussa tarkastelen oman kouluni (Peltolan koulu, Vantaa) opetussuunnitelmien fysiikan osaa, koska tutkimukseni koskee omaa työtäni opettajana ja sen kehittämistä. Myöhemmin (luku 4.2) käsittelen opetussuunnitelman merkitystä opettajalle. Vuosien mittaan toimiessani fysiikan opettajana ohjeenani on ollut useita opetussuunnitelmia, joita tarkastelen lyhyesti. Käsittelen myös uutta vuoden 2004 opetussuunnitelmaa, joka tuli voimaan tätä tutkimusta tehdessä ja jolla siksi oli merkitystä tutkimukseeni.

Fysiikan opetussuunnitelmissa opetuksen tavoitteet ovat kokonaisvaltaisia, tiedollisia, monenlaisia taitoja koskevia ja myös opiskelijan persoonallisuuteen liittyviä arvo- ja

asennetavoitteita. Opetussuunnitelman perusteet on kuntia ja kouluja sitova määräys tavoitteiden ja sisältöjen osalta. Sen perusteella laaditaan kunta- ja koulukohtaiset opetussuunnitelmat. Koulut voivat itse päättää, miten koulukohtainen opetussuunnitelma laaditaan valtakunnallisten ohjeiden mukaan. Opetuksen tulee olla sekä opetussuunnitelman perusteiden että koulukohtaisen opetussuunnitelman mukaista.

Jo vuoden 1985 valtakunnallinen fysiikan opetussuunnitelma oli varsin kokonaisvaltainen, ja fysiikan opetuksen tuli herättää oppilaiden harrastusta tiedonhankintaan. Valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan perustuvassa Vantaan kaupungin vuoden 1986 opetussuunnitelmassa peruskoulun fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteena oli luonnontieteellisen yleissivistyksen laajentaminen, persoonallisuuden kehittäminen ja jatko-opiskeluvalmiuksien antaminen. Opetuksessa tuli antaa tietoa paitsi fysiikan ja kemian ilmiöistä myös niiden merkityksestä luonnossa ja käytännön elämässä, herättää oppilaiden mielenkiintoa ja harrastusta omakohtaisen tiedon hankintaan, antaa valmiuksia maailmankuvan muodostamiseksi, mahdollisuuksista kehittää mm. ongelmanratkaisukykyä, yhteistyötä ja vaikutusyhteyksien tajuamista. (Anon.1986, 67.) Opettajalla on menetelmällinen valinnanvapaus, mutta hänen tulee ottaa huomioon, miten läheisesti käsiteltävä asia liittyy oppilaan kokemuspiiriin (Anon.1986, 7).

Valtakunnallisessa vuoden 1994 opetussuunnitelmassa kemian ja fysiikan opetuksen keskeiset sisällöt on koottu viideksi teemaksi, joiden ymmärrystä oppilaissa koetetaan edistää: rakenteet ja järjestelmät, vuorovaikutukset, energia, prosessit ja kokeellinen menetelmä (POPS 1994, 89). Valtakunnallisen opetussuunnitelman pohjalta laaditussa Peltolan koulun fysiikan opetussuunnitelmassa opetuksen tavoitteeksi mainittiin innostunut, vastuuntuntoinen, yhteistyökykyinen, keskusteleva oppilas, joka osaa mm. tehdä tutkimuksia ja havaintoja (Anon.1996,18). Peltolan koulun opetussuunnitelmasta muodostui suppea ja pelkistetty opetuksen suunnittelun käyttöväline. Koulukohtaisen opetussuunnitelman tavoitteena oli saada koulut sitoutumaan opetussuunnitelmaansa ja sen kehittämiseen (Anon.1994, 2).

Vuonna 1999 opetushallitus antoi perusopetuksen arvioinnin perusteet, joka yhtenäisti eri koulujen opetussuunnitelmia. Kouluille annettiin arviointia varten tarkat arvosanan 8 kriteerit, jotka sisälsivät tiedollisia ja muita tavoitteista (Anon.1999a). Peltolan koulun opetussuunnitelma muodostettiin siten, että kriteerit siirrettiin eri kursseihin, eikä muita koulukohtaisia lisäyksiä kirjattu (Anon.1999b, 38-41). Opetussuunnitelmassa oli selkeästi maininta tiedollisten ja taidollisten tavoitteiden lisäksi fysiikan opetuksen asenne- ja arvotavoitteista ja myös fysiikan opetuksen merkityksestä ihmisen ja yhteiskunnan kannalta. Vuoden 1999 opetussuunnitelmassa fysiikan opetuksen tavoitteeksi mainitaan luonnontieteellisen sivistyksen merkityksen ymmärtäminen aineellisen ja henkisen hyvinvoinnin kannalta sekä maailmankuvan rakentuminen. Tavoitteena on saada oppilas tiedostamaan ympäristöön ja luonnontieteelliseen kulttuuriin liittyviä asenteita ja arvoja omassa arkielämässään, ymmärtämään ihmisen, yhteiskunnan, ja ympäristön vuorovaikutuksia, muovaamaan hankkimansa tiedon avulla omia asenteitaan ja käsittelemään monipuolisesti kohtaamiaan ongelmatilanteita. (Anon. 1999b, 38.)

Valtakunnallisessa vuoden 2004 opetussuunnitelmassa tiedollisten tavoitteiden rinnalla ovat esillä fysiikan luonne ja asenteet fysiikkaa kohtaan. Opetussuunnitelmassa sanotaan, että fysiikan opiskelu tukee persoonallisuuden kehittymistä ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostumista. (Anon. 2004, 124.) Tämän opetussuunnitelman sisältö siirrettiin Peltolan koulussa koulukohtaiseen opetussuunnitelmaan järjestämällä sisällöt fysiikan eri kursseihin. Opetussuunnitelmassa mainitaan, että arvot ja asenteet otetaan mahdollisuuksien mukaan

huomioon myös kurssiarvioinnissa. Opetussuunnitelman tavoitteissa kerrotaan: ”Vuosiluokilla 7–9 fysiikan opetuksen ydintehtävänä on laajentaa oppilaan tietämystä fysiikasta ja käsitystä fysikaalisen tiedon luonteesta sekä vahvistaa kokeellisen tiedonhankinnan taitoja.” Kokeellisuuden tehtävänä on hahmottaa luonnontieteiden luonnetta ja innostaa oppilaita fysiikan opiskeluun. (Anon. 2005b, 106.)

Vuoden 2004 opetussuunnitelma on jaettu osioihin: tavoitteet, keskeiset sisällöt, hyväksytyn arvosanan raja ja hyvän osaamisen kuvaus. Viimeksi mainittu tarkoittaa entisen numeron 8 kriteerejä. Koulut itse muokkasivat hyväksytyn arvosanan rajan. Opetussuunnitelmassa korostetaan tietojen ja taitojen oppimisen lisäksi merkitysten ymmärtämistä: oppilaan tulee ymmärtää äänen ja valon merkityksiä ihmisen ja yhteiskunnan kannalta. Tavoitteeksi on asetettu myös itsearviointi ja tiedon luotettavuuden arviointi. Persoonan kehittyminen oletetaan tapahtuvan kokeellisen työskentelyn lomassa mm. siten, että mainitaan kokeellisuuden innostavan oppilasta. Vantaan opetussuunnitelman yhteisessä osassa selvitetään, ettei maailmankuvan rakentuminen saa jäädä yksipuoliseksi, esimerkiksi vain älylliseksi ja tiedolliseksi. Opetuksen tulee tarjota monipuolisia mahdollisuuksia erilaisten merkityssuhteiden, kuten tunnesuhteiden, muodostumiselle. (Anon. 2005a, 7.)

Opetussuunnitelman sisällöt ovat monipuolisia ja vaativia, sillä ne sisältävät oppiaineiden sisältöjen lisäksi yksilön sosiaalisten taitojen vahvistamista ja oman identiteetin luomista. Opetuksen järjestäminen vaatii opettajalta suurta ymmärrystä ja itseluottamusta fysiikassa ja kasvatustieteessä. Pelkän opetussuunnitelman ja oppikirjan varassa edetessä ei kaikkia oppimistavoitteita pysty ottamaan huomioon.

Tämän tarkastelun pohjalta nousee kysymys: Miten asenne- ja arvotavoitteet toteutetaan myös fysiikan opetuksen sisällöissä? Seuraavassa tarkastelen fysiikan luonnetta, josta voi löytyä vastauksia kysymyksiin.

2.6.2 Fysiikan luonne

Shulmanin (1986) mukaan aineen sisältötieto on käsite, joka sisältää opettajan tiedon hänen opettamansa aineen luonteesta, tiedon lähteistä ja arvoista. Miksi tieto on tietämisen arvoinen? Kuinka tieto liittyy muihin oletuksiin ja teorioihin? (Shulman 1986, 6-14.) Opetussuunnitelmissa mainittu ajatus fysiikan tiedon luonteesta on filosofinen kysymys. Se ei liity pelkästään täsmällisiin luonnonlakeihin tai mittausmenetelmiin, vaan kysymys on tiedon arvoluonteesta ja todellisuuden luonteesta. Tiedon luonteen pohdintaa on vain vähän fysiikan koulukursseissa, joten opetukseen tarvitaan uusia näkökulmia. Virrankosken (1996) mukaan luonnontieteen kehittyessä filosofiset kysymykset jäivät pois ja luonnontiede ei ollut enää luonnon filosofiaa. Filosofinen puoli, todellisuudenkuva, on jäänyt filosofeille. Perinteisessä klassiseen fysiikkaan rajoittuvassa fysiikan opetuksessa filosofisia pohdintoja on vain vähän. (Virrankoski 1996, 16.)

Kurki-Suoniot (1998a) rajaavat selkeästi fysiikan kohteet niihin, joita voidaan tutkia eksaktein menetelmin ja filosofian ”päättelyksi”. Filosofia on käsitteellinen tiede, jota voidaan pitää kaikkien tieteiden yhteisenä perustieteenä. Filosofia tutkii tietoa ja tieteellistä menetelmää, olemassaoloa, käsitteiden muodostusta ja merkityksiä, ajattelun lakeja ja arvoja, kun taas luonnontiede tutkii ihmisen tahdosta riippumattomia luonnonlakeja. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 110.)

Arvojen ja asenteiden tuominen fysiikan opetukseen lisää kasvatuksellisia elementtejä ja laajentaa opetusta ja siinä annettavaa tietoa. Tietoon liittyy aina myös opettajan arvot (Hashweh 2005; Shulman 1987; 1999). Puolimatkan (2002) mukaan oikea tieto ei rajoitu pelkästään tieteelliseen tietoon ulkopuolisesta luonnosta, vaan siihen kuuluu myös tieto siitä, mikä on hyvää ja arvokasta, sekä tieto olemassaolon perimmäisestä luonteesta ja alkuperästä. Tiedon merkitys ei perustu ensisijaisesti sen yhteiskunnalliseen ja käytännölliseen hyötyyn, vaan tiedolla on tärkeä merkitys ihmiseksi kasvamisessa. Ihmismielen kehitystä rajoittaa sellainen kasvatus, jota hallitsee asioiden tarkastelu ensisijaisesti käytännöllisistä hyötynäkökohdista käsin. (Puolimatka 2002, 18.)

Rutherford ym. (1989) tuovat amerikkalaisessa fysiikan oppikirjassa esiin tieteen arvot. On hyvä olla tietoinen, että tiede pohjautuu yleisiin arvoihin, kun on kysymys ihmisen ja maailman ymmärtämisestä. Tieteeseen noudatetaan korkeita inhimillisiä arvoja, kuten rehellisyys, ahkeruus, uskollisuus, uteliaisuus, avoimuus, kriittisyys ja luovuus. Tällöin tiedeopetus erityisesti kasvattaa oppilaassa uteliaisuutta, avoimuutta uusille ideoille ja kriittisyyttä. (Rutherford, Ahlgen & Warren 1989, 133-135.)

Uusissa fysiikan ja kemian opetussuunnitelmassa toistuu monessa kohdin lähes tiedeyhteisön työskentelyä muistuttava suhtautuminen fysiikkaan. Tämä näkyy siten, että tavoitteiden polttopisteessä ei ole asi tiedon opettelu, vaan tiedon hankinnan prosessit: mittausten suorittaminen, johtopäätösten tekeminen, tiedon luotettavuuden pohdinta ja argumentointi. Myös asioiden välisten syy-seuraus-suhteiden ymmärtämistä painotetaan. Hyvän osaamisen kriteereinä mainitaan muun muassa käsitteiden, suureiden ja niiden yksiköiden käyttäminen aineiden, kappaleiden ja ilmiöiden ominaisuuksien kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa. Fysiikan käsitteiden muodostusprosessissa tärkeänä osana on ajattelu, joka yhdistää teorian ja kokeellisuuden sekä luova intuitio (Kurki- Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 249-252).

Kurki-Suoniot (1998a) korostavat tieteellisen prosessin tärkeyttä. Se tähtää ympäristön käsitteelliseen jäsentämiseen ja ilmiöiden ymmärtämiseen. Tämä prosessi on muuttanut ja muuttaa ihmiskunnan ja yksittäisen oppijan maailmankuvaa. Tieteellinen ja teknologinen prosessi kytkeytyvät fysiikassa aina yhteen, mutta niiden arvomaailmat ovat erilaiset. Teknologinen prosessi pyrkii vaikuttamaan ympäristöön, muuttamaan sitä ja sopeuttamaan ihmisen toimintoja muuttuvaan maailmaan. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 144-146.)

Uudet opetussuunnitelmat voidaan tulkita niin, että fysiikan opetuksesta on tulossa kokonaisvaltaisempaa. Antiikin aikana, aina Newtoniin asti, maailma käsitettiin yhtenäisenä, johon sisältyi sekä aineellinen että henkinen puoli tiettyssä, hyvässä järjestyksessä. Se oli ”kokonaisvaltainen fysiikanopetus” -kurssi, joka muodosti perustan kaikille tieteille. Kaikella oli merkitys, pyrkimys tietoon ja korkeampaan hyvään. (Virrankoski 1996, 228.) Kosmologian tehtävä tieteenä on tarkastella maailmankaikkeuden rakennetta ja kehitystä sekä selvittää kysymyksiä ajan ja avaruuden luonteesta. Näistä ensimmäiset kuuluvat luonnontieteelliseen ja jälkimmäiset filosofiseen kosmologiaan. Luonnontieteellinen kosmologia vastaa kysymyksiin: Millainen se on? Miten sen on? Filosofinen kosmologia vastaa kysymyksiin: Mikä se on? Mitä se on? Miksi se on? (Virrankoski 1996, 17-18.) Opetussuunnitelmien mukaisen fysiikan opetuksen tulisi sisältää sekä luonnontieteellisiä että filosofisia kysymyksiä. Erityisen tärkeää kokonaisvaltainen fysiikanopetus on oppilaiden maailmankuvan rakentumiselle.

Nykyaikaisen maailmankuvan muodostumiseen tarvitaan tietoa tieteen kehittymisestä ja modernin fysiikan saavutuksista. Klassinen fysiikan maailmankuva on pitkälti kausaalinen ja noudattaa syy- ja seuraussuhteita. Tämä maailmankuva on myös konstruktivismiin perustuvan todellisuuden vastainen (vrt. Meisalo ym. 2000, 36). Moderni fysiikka tuo tapahtumille todennäköisyys-käsitteen, mikä on luonteenomaista myös humanististen tieteiden tutkimukselle, joka tutkii mm. ihmisten kokemuksia. Luonnontieteessä tutkitaan luonnon toimintaa ja pyritään vastaamaan kysymyksiin: miten ja miksi. Kvanttifysiikassa pitää tyytyä tarkastelemaan toimintaa, sillä ei tiedetä selitystä esimerkiksi sille, miksi valo osittain heijastuu lasista. Kvanttifysiikan selitysmalli voi olla myös terveen järjen vastainen. (Feynman 1991, 20-21.)

Myös Saarikon (1998) mukaan traditionaalinen abstrakti fysiikka ei kiehdo koulussa kaikkia ikäluokkia. Yksi lääke voisi olla irrottautuminen liian tiedekeskeisestä oppimisesta ja korostaa fysiikkatieteen inhimillisiä ulottuvuuksia. Tällaisia dimensioita ovat esimerkiksi fysiikka ja ympäröivä maailma, fyysikon maailmankuva, teknologia ja fysiikan historia ja filosofia. Fysiikan opiskelun yhteydessä omaksutaan ihmiskunnan luomia kulttuuriarvoja, ja fysiikan sovelluksilla on suuri yhteiskunnallinen merkitys. (Saarikko 1998, 101-103.)

Uuden näkökulman tarve fysiikan opetuksessa on huomattu opettajankoulutuksessa. Opettajankouluttajien mukaan perinteiset fysiikan kurssit eivät yksin tarjoa kaikkia tarvittavia näkökulmia, joita hyväksi opettajaksi kehittyminen vaatii. Aineen hallintaan tarvittavan tiedon lisäksi opiskelijat tulisi tehdä tietoisiksi fysiikkaan ja fysikaalisen tiedon saavuttamiseen liittyvistä omista olettamuksista. (Nivalainen & Hirvonen 2003, 130-131.) Opiskelijoille voidaan osoittaa, että fysiikka on myös käsitteiden välisten yhteyksien ymmärtämistä. Perinteinen yliopisto-opetus ei riittävästi painota ilmiöiden ja kvalitatiivisten mallien tarkastelua. Uudenlaisessa lähestymistavassa opiskelijat tiedostavat erilaisen ajattelutavan mahdollisuuden. (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135.)

Oppilaiden esittämiin kysymyksiin opettajan on osattava soveltaa fysiikan yleisiä periaatteita, jolloin ongelmaratkaisuharjoittelun kautta opittu detaljitieto ei auta. Tällaisiin tilanteisiin voidaan valmistautua esimerkiksi tulkitsemalla käsitteellisiä tekstejä ja pyrkimällä muodostamaan fysiikan ilmiöistä ja teoriasta eheää kuvaa. Ensiarvoisen tärkeää on, että tuleva opettaja tiedostaa fysiikan luonteeseen ja fysikaalisen tiedon saavuttamiseen liittyvät moninaiset näkökulmat. (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135.) Fysiikan tiedon luonteeseen kuuluu ontologisia, episteemisiä ja metodologisia kysymyksiä.

Ontologia kysymyksiä ovat: Millainen on todellisuus? Millainen on ilmiön luonne? Tieteellinen ajattelu edellyttää aina ideaa maailmankaikkeuden alkuperästä, sen kokonaismerkityksestä ja sen kokonaisvaltaisesta järjestyksestä (Heikkinen ym. 2005, 356).

Epistemologia tarkoittaa tiedon luonteen ja sitä tuottavien prosessien tutkimusta (Saarinen 1995, 413). Tietoteoriat eivät itsessään ole oppimisteorioita, vaan ne ovat filosofisia näkemyksiä, joita voidaan usein tunnistaa oppimisteorioiden ja oppimiskäsitysten taustalta (Tynjälä 2002, 28).

Metodologia vastaa kysymykseen: Miten tietoa voi saavuttaa? Kokeellisessa fysiikan tutkimuksessa ja opetuksessa peruskysymys on löytää yhteys havaintojen ja teorian välillä. Myös useille kasvatustieteen tutkimusaloille on yhteistä, että kukin olettaa tietävänsä, miten silta käytännön ja teorian välillä voitaisiin löytää. (Heikkinen ym. 2005, 363.)

Fysiikan luonteeseen kuuluu, että se kehittyy, on ajankohtaista ja selittää ympäröivää maailmaa. Nykyaikainen tiede on monitieteellistä ja kokonaisvaltaista. Fysiikan luonteen merkitys selkenee oppilaille, kun heille opetetaan tieteen kehityksestä. Oppilaat saavat käsityksen, miten klassisen fysiikan syy- ja seuraussuhteista edetään modernin fysiikan todennäköisyys periaatteisiin. Fysiikan asiasisältöjä tulee lähestyä monista näkökulmista. Tiedon hankinnan prosessi on tärkeämpää kuin detaljitiedot.

2.6.3 Maailmankuva ja -katsomus

Tässä kappaleessa tarkastelen maailmankuvaan ja -katsomukseen kuuluvia asioita, joiden perusteella määrittelen maailmankuvan (Kuvio 5, kappale 6.1.6), jota käytän tutkimuksessani oppilaiden palautteen analysointiin. Maailmankuva liittyy todellisuuskuvaan.

Peruskoulun fysiikan opetussuunnitelmissa mainitaan tavoitteeksi oppilaan nykyaikaisen maailmankuvan muodostaminen (POPS 1994) ja persoonallisuuden kehittämiseen kohdistuvat tavoitteet. Maailmankuvan rakentaminen mainitaan tavoitteeksi myös ympäristö- ja luonnontiedossa, kemiassa, maantiedossa ja biologiassa. Fysiikan opetuksella on merkittävä osuus oppilaiden luodessa omaa maailmankuvaansa. Opetuksessa opettajan oma maailmankuva vaikuttaa hänen oppilaidensa kehittyviin käsityksiin ympäröivästä maailmasta (vrt. Shulman 1986; Hashweh 2005). Nykysuomen sanakirjan mukaan ”maailmankuva on ihmisen itselleen muodostama havainnollinen käsitys maailman kokonaisuudesta” (Anon. 1992, 336).

Maailmankuva voi olla tieteellinen, epätieteellinen, arkikokemukseen perustuva, uskonnollinen, maaginen tai metafyyssinen. Maailmankuva on tieteellinen, jos kaikki siihen kuuluvat väitteet ovat tieteellisin menetelmin hankittuja ja perusteltuja. (Niiniluoto 2002, 79-83, 95.) Koska koulun opetussuunnitelma sisältää myös arvo -ja asennetavoitteita, fysiikan opetuksen välittämä maailmankuva ei ole puhtaasti tieteellinen. Fysiikan opetusta moititaan myös mekaanisen maailmankuvan muodostamisesta, jos aineistona on ”perusfysiikka”, jolla tarkoitetaan klassista fysiikkaa (esim. Saarikko 1998, 99). Von Wrightin (1997) mukaan ihmiskunta etsii uutta maailmankuvaa, koska tieteen maailmankuva uhkaa hajota ja ihmiset elävät arvotyhjiössä. Tieteellinen maailmankuva on syntynyt kristillisestä maailmankuvasta, johon vielä sisältyi moraalinen laki oikeasta elämäntavasta. (von Wright 1997, 20-30.)

Yksilöllä ja ryhmällä on erilaiset maailmankuvat, jotka muuttuvat ajan kuluessa. Esimerkiksi murrosikäisten maailmankuva on murrosikäisten yksilöiden keskimääräinen maailmankuva. Eri kulttuureilla ja sosiaalisilla ja poliittisissa ryhmillä on oma maailmankuvansa. Ihmiskunnan maailmankuvalla tarkoitetaan sivistyneen osan maailmankuvaa, joka ilmenee muun muassa tieteellisissä kirjoituksissa ja käytänteissä. (Niiniluoto 1984, 79-80.) Maailmankuva muuttuu iän, kokemuksen ja oppimisen myötä, eikä maailmankuvan tarvitse olla tosi.

Niiniluoto (2002) määrittelee maailmankuvan maailmaa koskeviksi tiedostetuiksi oletuksiksi. Maailmankuvalla tarkoitetaan luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa koskevia järjestelmällisiä oletusten ja tietojen kokonaisuutta, joka koostuu tiedostetuista väitteistä. (Niiniluoto 2002, 85.) Nämä uskomukset koskevat sitä, millaisista olioista tai aineksista maailma muodostuu, miten maailma on syntynyt ja kehittynyt ja millaisia säännönmukaisuuksia ja lakeja siinä vallitsee (Niiniluoto 1994, 144). Maailmankuva muodostuu kaikesta siitä, miten me ymmärrämme todellisuuden oma olemassaolomme mukaan luettuna.

Fysiikan opetuksen tavoitteet ovat kokonaisvaltaisia ja ne huomioidaan myös arvioinnissa. Tietojen, taitojen ja maailmankuvan rakentumisen lisäksi kehitetään oppilaan persoonallisuutta. Fysiikan tunneilla opettaja on sitoutunut myös noudattamaan koulun yleisiä kasvatustavoitteita. Ne ovat arvotavoitteita, jotka koskevat oppilaan vuorovaikutussuhteita ympäristön kanssa (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 38). Tällöin onkin kysymys myös oppilaan maailmankatsomuksen muodostumisesta, jos maailmankatsomus määritellään Nykysuomen sanakirjan mukaan siten, että ”maailmankatsomus on ihmisen kokonaiskäsitys todellisuuden olemuksesta ja arvoista” (Anon. 1992, 335).

Maailmankuva on osa maailmankatsomusta, johon kuuluu tietoteoria, maailmankuva ja arvoteoria. Tietoteoria on käsitys siitä, miten saadaan tietoa maailmasta ja miten se perustellaan. Näistä väitteistä muodostuu maailmankuva. Arvoteoria tarkoittaa käsitystä hyvästä ja pahasta, oikeasta ja väärästä, se on näkemys ihmisen tehtävistä maailmassa (Niiniluoto 1984, 86-87). Jokaisella ihmisellä on maailmankuva, mutta ei välttämättä maailmankatsomusta.

Mannisen (1987) mukaan maailmankuvaan kuuluvat käsitykset 1) ajasta ja avaruudesta 2) maailman synnystä, yliluonnollisesta ja sen vaikutuksesta, olemassaolosta ja – olemattomuudesta 3) luonnosta ja ihmisen suhteesta siihen 4) ihmisestä itsestään ja hänen suhteistaan toisiin sekä 5) yhteiskuntarakenteesta, kansasta, valtiosta ja historian kulkua määräävistä tekijöistä. Maailmankuvaan kuuluvat käsitykset ihmisen suhteesta luontoon, yliluonnolliseen, kulttuuriin ja yhteiskuntaan, menneisyyteen, tulevaisuuteen ja mahdollisuuksiin. Näin määriteltynä maailmankuvaan liittyy maailmankatsomuksellisia piirteitä. Maailmankuva voi pohjautua eri tieteisiin laajemmin tai rajoitetummin tai pyrkiä monitieteellisyteen. (Manninen 1987, 129-138.)

Myös Niiniluodon mukaan maailmankuvaan voi liittyä kannanotto yliluonnollisen todellisuuden olemassaoloon. Maailmankuva voidaan jakaa luontokuvaan, yhteiskuntokuvaan ja ihmiskuvaan, jonka osa on minäkuva. Luontokuvalla tarkoitetaan käsitystä objektiivisesta todellisuudesta, ja sitä kutsutaan myös luonnontieteelliseksi maailmankuvaksi. (Kuusela & Niiniluoto 1989, 14-15.) Virrankoski (1996) käyttää luontokuvan sijasta termiä kosmologinen maailmankuva, joka käsittää fysikaalisen maailmankuvan ja todellisuuden kuvan. Fysikaalinen maailmankuva, joka samaistuu kouluopetuksessa astronomiseksi maailmankuvaksi, tarkoittaa oppilaan käsitystä maailmankaikkeuden rakenteesta. (Virrankoski 1996, 18, 19, 126.)

Todellisuudenkuva merkitsee maailmankaikkeuden luonteen ja merkityksen ymmärtämistä. Todellisuudenkuva on käsitysjärjestelmä, joka koostuu maailmankaikkeuden olemassaolosta, luonnosta ja merkitystä koskevista kysymyksistä. Siihen kuuluu kysymyksiä myös ihmisestä ja uskomuksista. Ihmistä ovat aina kiinnostaneet kysymykset: mikä ja mitä maailmankaikkeus on sekä onko olemassa jokin raja, josta ihminen voi saada tietoa. (Virrankoski 1996, 18, 19, 126.) Virrankosken (1996) mukaan kouluopetuksessa toteutuu vain kosmologisen maailmankuvan fysikaalinen komponentti (Virrankoski 1996, 5). Luonnontieteiden tunneilla käsitellään lähinnä maailmankaikkeuden ja luonnon syntyä, rakennetta ja kehitystä eikä esimerkiksi olemassaolon kysymyksiä. Virrankosken (1996) mukaan todellisuuden erottaminen aineelliseen ja henkiseen komponenttiin on opittua (Virrankoski 1996, 177, 228).

Kurki-Suoniot (1998a) osoittavat, että fysiikan todellisuuskuva voi sisältää myös aineksia, jotka välittävät absoluuttisesta totuudesta poikkeavia tietoja. Fysiikan opetuksessa välittyy fysiikan todellisuudenkuva, joka tarkoittaa fysiikan käsitteistön ja rakenteen välittämää kuvaa todellisuudesta. Tämä kuva kehittyy fysiikan kehittymisen myötä ja kehittää myös yksilöiden

todellisuudenkuva. Fysiikan todellisuudenkuva on eri henkilöillä erilainen riippuen heidän käsitteidensä merkityksistä. Periaatteet, joita fysiikan käsitteistöä kehittäessä seurataan, kuvastavat ihmisen intuitiivisesti todellisuudelle asettamia kriteereitä ovat absoluuttisuus, objektiivisuus, ristiriidattomuus, kausaalisuus, lainalaisuus ja invarianssi. Ihmisen intuitiivisen mielikuvan mukaan ulkoinen todellisuus voidaan jakaa neljään osaan: avaruuteen, aikaan, olioihin ja ilmiöihin. Olioista ja ilmiöistä saadaan tietoa havaitsemalla, luokittelemalla ja mittaamalla tietyssä paikassa ja ajassa (aika-avaruudessa). Näin syntyvät suureet. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372.)

Fysiikan todellisuuskuva kehittyy siten, että sen lähtökohtana olleet intuitiiviset olemassaoloa kuvaavat peruselementit abstrahoituvat, määrittyvät ja käsitteellistyvät. Niiden tilalle jäävät lopulta vain suureet, käsitteelliset abstraktiot. Tällöin yhteys todellisuuteen syntyy vain suureiden edustamien ja noudattamien symmetrioiden kautta, joiden voidaan ajatella kuvaavan aika-avaruuden geometrisia ominaisuuksia. Tässä kehityksessä jopa tieteen intuitiivisista perusvaatimuksista keskeisin, ajatus todellisuuden objektiivisuudesta, kyseenalaistuu, koska on mahdollista, että ihmisen tietoisuus vaikuttaa todellisuuteen. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372.)

Fysiikan todellisuudenkuva kuvaa todellisuudesta saatavaa tieteellisen tiedon reittiä. Tieteellisellä tiedolla on intuitiivinen perusta (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 114). Tämä näkemys todellisuuden suhteellisesta luonteesta vastaa konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkemystä (vrt. taulukko 1).

2.7 Aihekokonaisuudet

Tässä luvussa tarkastelen aihekokonaisuuksia eri opetussuunnitelmissa. Aihekokonaisuuksien sisältöjä analysoin kappaleessa 6.1.5 ja tavoitteita kappaleessa 6.1.3, jossa on yhteenvetona myös käsitekartta (Kuvio 3, kappale 6.1.3).

Opetus peruskoulussa on jaettu eri oppiaineissa tapahtuvaksi. Näiden oppituntien ja muiden koulun käytänteiden aikana koulun tiedollisten, taidollisten ja persoonallisten tavoitteiden oletetaan tapahtuvan. Elämä ei lokeroidu oppiaineisiin, joten opetusta on pyritty eheyttämään monenlaisilla projekteilla, ja 1980-luvulla opetussuunnitelmiin on lisätty aihekokonaisuudet. Niiden toteuttaminen vaatii oppiainerajat ylittävää näkökulmaa ja opettajien yhteistyötä. Aihekokonaisuuksien kontekstissa koulun kasvatustavoitteet toteutuvat oppilaiden arkielämää lähellä olevassa ympäristössä.

Aihekokonaisuudet ovat kasvatusta ja opetusta eheyttäviä teemoja, joiden kautta koulu vastaa ajan koulutushaasteisiin. Opetuksen eheyttämisen tavoitteena on ohjata tarkastelemaan ilmiöitä eri tiedonalojen näkökulmista rakentaen kokonaisuuksia ja korostaen yleisiä kasvatuksellisia ja koulutuksellisia päämääriä. Vuoden 2004 valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa esitetään, että aihekokonaisuudet tulee sisällyttää yhteisiin ja valinnaisiin oppiaineisiin sekä yhteisiin tapahtumiin, ja niiden tulee näkyä koulun toimintakulttuurissa. Ne toteutuvat eri oppiaineissa niille luonteenomaisista näkökulmista oppilaan kehitysvaiheen edellyttämällä tavalla. (Anon. 2004, 16-17.) Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa eheyttäminen on kirjattu fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteissa ja sisällöissä: Huomiota tulee kiinnittää siihen, että oppiminen tukee oppiainerajat

ylittävää kokonaisuuksien hahmottamista. (POPS 1994, 88-89.) Tällaiset kokonaisuudet tai teemat voivat luonnontieteissä muodostua eri tavoin.

Vuoden 1985 Vantaan opetussuunnitelmassa mainitut aihekokonaisuudet olivat kansainvälisyyskasvatus, kotikuntaopetus, liikennekasvatus, oikeuskasvatus, perhekasvatus, terveystieteiden kasvatus ja työkasvatus. Myöhemmin lisättiin viestintäkasvatus, kuluttajakasvatus ja ympäristökasvatus. Fysiikan tunneille suositeltiin eri maita koskevien tilastojen esittämistä (kansainvälisyyskasvatus) ja yhteiskunnallisen vaikuttamisen kanaviin perehtymistä esim. luonnonsuojelun ja yhdyskuntasuunnittelun osalta (ympäristökasvatus). Opettajan tehtäväksi jäi aihekokonaisuuksien sijoittaminen eri oppiaineiden sisältöihin. (Anon. 1986, 173- 320.)

Vuoden 1994 valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan perustuvassa Peltolan koulun ensimmäisessä seitsemäsluokkalaisia koskevassa opetussuunnitelmassa olivat mukana aihekokonaisuudet: kansainvälisyyskasvatus, laajennettu ympäristökasvatus, terveystieteiden kasvatus-elämänhallinta ja tietotekniikka. Ympäristökasvatuksen kohdalla oli maininta, että siihen osallistuvat kaikki oppiaineet, samoin tietotekniikan käyttöä suositeltiin kaikille. Terveystieteiden kasvatuksen kohdalla mainittiin, että se toteutetaan ainekohtaisten sisältöjensä puitteissa. Terveystieteiden kasvatuksen tavoitteena oli lisätä oppilaan itsetuntemusta opastamalla hänet tunnistamaan omat fyysiset ja psyykkiset voimavaransa. Tavoite on, että ”oppilas arvostaa muita ihmisiä ja oppii vastuulliseksi yhteiskunnan jäseneksi.” (Anon. 1995-1996, 34-36.) Samat aihekokonaisuudet on mainittu seuraavan vuoden koko koulua koskevassa opetussuunnitelmassa, mutta toteuttamissuosituksia eri oppiaineiden osalta puuttuvat. Aihekokonaisuudet eivät olleet enää läpäisyperiaatteella toimivia, vaan kunakin vuonna koulun vuosisuunnitelmassa määritellään painotettava aihekokonaisuus erikseen. Terveystieteiden kasvatus toteutettiin oppiaineen luonteisesti kahdeksaluokkalaisille. (Anon. 1996, 34-35.)

Nykyiset aihekokonaisuudet (2004) ovat: 1) ihmisenä kasvaminen 2) kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys 3) viestintä ja mediataito 4) osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys 5) vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta 6) turvallisuus ja liikenne sekä 6) ihminen ja teknologia (Anon. 2004, 17-20).

Tutkimukseni alussa olivat voimassa vuoden 1994 opetussuunnitelmassa mainitut aihekokonaisuudet. Tutkimuksen kuluessa koulussamme valmisteltiin vuoden 2004 opetussuunnitelmaa, mikä vaikutti tutkimusaineistooni. Aihekokonaisuuksista etsin yhteyksiä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen perusajatuksiin. Aihekokonaisuudet ovat ajankohtaisia, osa arjen käytäntöjä, oppilasta eheyttäviä, eettisiä ja yhteiskunnallisia aiheita, jotka liittyvät kaikkiin koulussa opetettaviin aineisiin.

3 Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimus

Tässä luvussa käsittelen fysiikan didaktiikkaa, joka on osa opettajan opetuksensa suunnitteluun tarvitsemaa tietoa (Shulman 1986; Kuvio 1, kappale 2.2.1). Tarkastelen lähinnä fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimusta, joka kehittää didaktiikkaa ja opetussuunnitelmia.

Tarkastelen oman tutkimukseni kannalta oleellisia didaktiikkaan liittyviä asioita. Tavoitteeni on kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen määritteleväminen (kappale 6.1.6) sekä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelu ja toteutuminen (luku 6.1). Etsin fysiikan opetuksen sisältöjä, joissa koulun kasvatustavoitteet, fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentuminen toteutuvat. Näiden tavoitteiden toteutumisen kannalta ovat tärkeitä ajattelun taidot, tieto maailmankuvan rakentajana, tiedon siirto ja soveltamisen (luku 3.1). Menetelmistä (luku 3.2) nousevat edellisen luvun (2) tarkastelun perusteella esiin vuorovaikutteinen opetus, tutkiva oppiminen, ongelmanratkaisu, kokemuksellinen opetus ja palautteen antaminen (reflektio). Käsittelen myös oppimateriaalia, tehtävien merkitystä fysiikan opetuksessa (luku 3.3). Lopuksi teen yhteenvedon fysiikan opetuksen didaktiikasta (luku 3.4).

Käsittekartta (Kuvio 8, kappale 6.1.7) fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta muodostuu siitä, kun kokoan luvun keskeisiä asioita taulukkoon (taulukot 29, 30, 31, LIITE 6) ja pelkistän lauseet avainsanoiksi.

3.1. Fysiikan opetuksen tavoitteita ja niiden toteutuminen

3.1.1 Luonnontieteellinen ajattelu

Kokeellisuus on fysiikan opetuksen lähtökohta, mutta sen rinnalla tarvitaan luonnontieteellisen ajattelun ja ongelmanratkaisun taitoja (Saari 1997, 52). Oppimisen tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita oppilaan korkean tason ajattelutaitojen kehittymisestä sekä mahdollisuuksista kehittää niitä. Fysiikan opetuksessa tutkimusperusteinen kehittynyt opettaminen perustuu kognitiivisiin malleihin ja opetus järjestetään sen perusteella, millaisia taitoja tahdotaan aikaansaada. Oppilaan on tarkoitus hallita fysiikkaa siten, että taito kehittyy asiantuntijan (ekspertti) tasolle aloittelevan (noviisi) tasolta. Opiskelijat opetetaan ongelmanratkaisun menetelmiin, rakentamaan tietorakenteita ja löytämään oma-aloitteisesti ratkaisut neuvojen avulla. Hyvät opettajat opettavat reflektioivasti ja antavat opiskelijoille paljon palautetta. (Henderson, Yerushalmi, Heller & Kuo 2006, 59-65.) Vaikka opetus on opettajaohjoista, opettajan ei silti tarvitse olla tiedon välittäjänä, joka valikoi, muokkaa ja jakaa tiedon oppilaan sellaisenaan omaksuttavaksi, vaan opettaja voi ohjata oppilaan itse hankkimaan tietoa ja arvioimaan sitä. Opettaja siis suuntaa oppilaan työskentelyä tarkoituksenmukaisiin kohteisiin eli pyrkii saamaan oppilaat opiskelemaan. (Lavonen ym. 2006.) Jos oppiminen on konstruktivismin mukaan oman kokemusmaailman uudelleen organisoitumista, niin avoimeksi jää kysymys, miten on mahdollista oppia uutta ja miten ympäristön objekteista tulee yksilön ajattelun ja työstämisen kohteita (Enkenberg 2002, 162). Tarkastelen tutkimusta luonnontieteellisestä ajattelusta, joka liittyy oppimisprosessiin ja ymmärtämiseen. Tavoitteena on, että oppilas tiedostaisi oppimisprosessiaan.

Lavosen ym. (2006) mukaan ajattelun taitoja ovat mm. vertailu, yhteenvedon tekeminen, havaitseminen, luokittelu, sisäistäminen, arvostelu, johtopäätösten tekeminen, mielikuvien käyttäminen ja kuvittelu, tiedon kerääminen ja järjestäminen, hypoteesin esittäminen, tosiasioiden ja periaatteiden soveltaminen uudessa tilanteessa, päätöksenteko, muuttujien

kontrollointi, yleistäminen, tutkimuksen suunnittelu ja tutkiminen ja virheiden korjaaminen. Kriittisen ajattelun oppiminen edellyttää taitoa kysyä kuinka ja miten sekä taitoa tietää, mihin kysymykseen vastata. Aivan kuten luovaankin ajatteluun kuuluu joukko taitoja ja valmiuksia, kriittiseen ajatteluun kuuluu halu päätellä ja kohdata haasteita sekä totuuden kaipuu.

Ajattelutaidot koetaan hyvin tarpeelliseksi fysiikan opetuksen kehittämisessä, kun on tutkittu vanhempia opiskelijoita. Rebellon ym. (2005) mukaan uusi näkökulma fysiikan opetuksen muutokseen on kehitettävissä siitä, että fysiikan opetuksen tarkastelunäkökulma kohdistetaan opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämiseen sekä myös tietoteoriaan. Nämä on tarpeen sisällyttää myös luonnontieteiden opettamiseen yleisesti ja fysiikan opettamiseen erityisesti. (Rebello ym. 2005, 220.) Keinosen (2005) mukaan opiskelijat, jotka pohtivat opintoja, omasivat yleensä nykyaikaisen käsityksen luonnontieteistä tai niiden opetuksesta ja oppimisesta. Arvioivilla tai kommentoivilla opiskelijoilla oli enemmän perinteisiä käsityksiä luonnontieteistä ja niiden opetuksesta ja oppimisesta. (Keinonen 2005, 183-189.) Näiden tulosten siirrettävyys peruskouluun vaikuttaa mahdolliselta.

Fysiikan ymmärtämiseen tarvitaan itsenäistä ajattelua ja tietoisuutta omista toimista, havaintojen tekemistä ja havaitsemista. Lippmann (2003) käyttää käsitettä aistihavainto (*sense-making*), jolla hän viittaa toimintaan, joka on yhteydessä fysiikan ymmärtämiseen, ja siihen voi liittyä havaitseminen (*observed*) esim. intuition avulla. Hän osoittaa tutkimuksessaan, että oppilaiden ne käsitykset, jotka kohdistuvat siihen, mitä he tekevät ja ajattelevat, liittyvät oivalluksena aistihavaintoihin. (Lippmann 2003, 63, 65-68.) Tämän tutkimuksen mukaan havaintojen tekeminen on tärkeää ymmärtämisen kannalta. Lippmannin tulokset vastaavat Vygotskin teoriaa. Vygotskin (1982) mukaan ajattelu ja kieli ovat avain inhimillisen tietoisuuden ymmärtämiseen. Aistimus ja ajatteleva tietoisuus heijastavat todellisuutta eri tavoin. (Vygotski 1982, 249.)

Oppilaan ajattelun kehittäminen tapahtuu vuorovaikutuksessa opettajan ja ryhmän kanssa. Lippmann (2003) tutki väitöskirjassaan oppilaiden ymmärtämistä mittaustekniikasta fysiikan laboratoriotöissä. Oppilaat eivät osanneet suorittaa tärkeitä oppimistehtäviä, vaikka heille annettiin tehtävät selkeästi. Keskustelut selvitettävistä fysiikan käsitteistä olivat harvinaisia. Oppilaat käyttivät suurimman osan aikaa seuraten opettajien ja kirjan ohjeita eivätkä olleet vuorovaikutuksessa ryhmän kanssa. Tämä tapa työskennellä ei edistä fysiikan ymmärtämistä. (Lippmann 2003, 65-68.)

Ajattelun harjoittamista on myös se, kun oppilas tulee tietoiseksi oppimisprosessistaan. Meri (1998) tutki tavoitteiden asettamista ja saavuttamista luokanopettajien koulutuksessa. Hänen mukaansa huomio kiinnittyy usein opetustapahtuman saavutuksiin ja tuloksiin eikä oppimisen prosessi-luonnetta ymmärretä. Vuorovaikutus on opettamisen perusta. Vuorovaikutuksessa opettaja on prosessin luoja, ja joka ottaa huomioon opetussuunnitelman, kontekstin ja oppilaat. Opetustapahtuma on prosessi, jossa opetuksen ja oppimisen suhde on joustava, ja opettajan ja oppilaan roolit vaihtelevat tilanteesta toiseen. (Meri 1998, 42-44.) Luonnontieteissä ei riitä, että hankitaan suuri määrä tietoa, vaan yhtä tärkeää on tietää vuorovaikutuksista, jotka johtavat tuloksiin.

Opettajan pitää antaa tarpeeksi vastuuta opiskelijalle. Vaikka monia toimintastrategioita on helppo oppia ja opettaa erillisinä toimintoina, niitä ei välttämättä käytetä. Niiden käyttö riippuu siitä, katsooko opiskelija olevansa itse vastuussa oppimistoiminnastaan, vaan odottaako hän muiden, esim. opettajan, ohjaavan häntä. Opiskelijan tapa hahmottaa roolinsa riippuu paljolti hänen itsetunnostaan. Itsetunto tai sen puute vuorostaan myötäsäätelee

opiskelijan uskallusta kokeilla odotustensa kantavuutta ajattelun ja toiminnan tasolla. (Raustevon Wright ym. 2003, 164.)

Taulukko 2. Perustason ja kehittyneet fysiikan ymmärtämistavat Beatty ym. (2006) mukaan

<i>Perustaso</i>	<i>Kehittynyt</i>
Etsii vaihtoehtoisia näkökulmia Vertaa ja asettaa vastakkain Selittää, kuvaa ja arvioi Olettaa ja havainnoi Laajentaa asiayhteyttä Esittää ja ilmaisee käsityksen	Yleistää monimutkaisia ratkaisuja Erittelee ja luokittelee Pohtii, tekee johtopäätöksiä ja osaa mallintaa Valitsee oikeat menettelyt, todentaa ja suunnittelee Reflektoi ja arvioi Arvioi ajattelua ja oppimista

Beatty ym. (2006) jakaa (taulukko 2) fysiikan ymmärtämistavat perustasoon ja kehittyneeseen tasoon. Perustason asiat, esimerkiksi vaihtoehtoisten näkemysten etsiminen, havainnoiminen, selittäminen ja käsityksen ilmaiseminen, ovat taitoja, joiden harjoittamiseen tarvitaan aikaa ja huomiota peruskoulussa. Kehittyneistä taidoista peruskoulussa voidaan harjoitella pohtimista, ajatusten vaihtoa toisten kanssa ja arviointia. Kokeelliseen työskentelyyn yhteydessä suunnitellaan ja etsitään ratkaisuja. (Beatty ym. 2006, 31-39.)

Oppilaat olisi tavalla tai toisella saatava aktiivisesti osallistumaan opetustapahtumaan. Oppilasta olisi rohkaistava tuomaan omia ajatuksiaan esille. Näin opettajalla olisi mahdollisuus ohjata oppilaan käsitteenmuodostusta oikeaan suuntaan. Tämä ajattelun kehittäminen arkiajattelusta tieteellisempään suuntaan ei ole aina helppoa. (Hakkarainen, Lonka & Lipponen 2001, 181.) Fysiikan opetuksessa ajatusten ilmaisu johtaa oppilaan tiedostamiseen (vrt. Hannula 2000) ja auttaa siten ymmärtämisessä. Tällöin tarvitaan oppilaan ja opettajan vuorovaikutuksessa tapahtuvaa fysiikan oppisisältöjen ja oppimisprosessin kehittämistä. Havaitseminen, ajattelu, ymmärtäminen ja päättely ovat kognitiivisia taitoja, joita myös tulee harjoittaa opiskelijoiden kanssa.

3.1.2 Käsitteet ja tieto

Tutkimukseni koskee kasvatustavoitteiden saavuttamista, mutta koska nämä tavoitteet toteutuvat fysiikan opetuksen yhteydessä, tarkastelen myös käsitteiden opettamista. Fysiikan opetuksessa oppilaista ohjataan uuteen käsitemaailmaan. PISA-tutkimuksessa vuonna 2003 Suomen koululaiset saivat kansainvälisesti parhaat tulokset. He pärjäsivät ongelmaratkaisussa, tietojen ymmärtämisessä ja soveltamisessa. Tehtävissä oppilaita pyydettiin kuvaamaan omaehtoista oppimistaan mm. kertomalla oppimisstrategioistaan ja -tyyleistään, motivaatiostaan ja tavoitteellisuudestaan sekä sosiaalisista taidoistaan. (Anon. 2003)

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan käsitteet ovat työkalujen kaltaisia. Niitä käyttämällä opitaan sekä siitä maailmasta, jossa niitä käytetään, että myös käsitteestä itsestään. Arkiajattelussa tapaa käsitystä, että käsitteellinen ajattelu on elämälle vierasta tai siihen kykenevät vasta noin kuusitoistavuotiaat. Saaren (1997) tutkimuksen mukaan jo 7.-luokkalaisten on hyvä saada havaintojensa tukemiseen käyttöönsä käsitteellisiä työkaluja, esim. vuorovaikutuksen käsite. Muutoin oppiminen jää muistamisen varaan. (Saari 1997, 52.)

Hahmottavan lähestymistavan mukaan fysiikan käsitteellisessä rakenteessa voidaan erottaa kielen, suureiden ja lakien sekä teorioiden hierarkkisesti eriasteiset tasot. Havainnoista ja ilmiöistä nousee mielikuvia, joista neuvotellaan kielen välityksellä. Yleiskielen kehittyminen kohti fysiikan käsitteiden korkeinta tasoa on pitkä, historiallinen prosessi antiikin aikaisista pohdinnoista modernin fysiikan teorioihin. Sama prosessi oppilaassa vaatisi jatkuvaa johdonmukaista ohjausta ja aikaa ajatella ja keskustella. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 158.) Luonnollinen oppiminen etenee havainnoista kohti yleisiä jäsentäviä käsitteitä (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 170).

Havaintojen tekeminen ja myös keksiminen ovat teoriasidonnaisia, ja siksi havaintojen tekemistä tulee harjoitella (Hodson 1986). Asiantuntijoilla on teoriatausta, joka mahdollistaa, että he osaavat erottaa oleelliset asiat epäolennaisista (Smith & Reiser 2005, 318- 320). Havaintoja käytetään testaamaan uusia hypoteeseja ja kehittämään vanhoja, jotta voitaisiin kehittää tieteellistä ymmärrystä (Smith & Reiser 2005, 316 -317). Havainnointia ohjaavat yksilön käsitykset siitä, mitä on tapahtumassa. Hän pyrkii tulkitsemaan sitä aiempien kokemusten pohjalta. (Rauste-von Wright ym. 2003, 90- 92.)

Käsitteiden oppimisessa on ongelma, koska ne opitaan verbaalisesti eikä osata käyttää niitä todellisessa ympäristössä (Tynjälä 2002, 132). Luonnontiede on kulttuurin osa, joka luo osaltaan uutta käsitteistöä, fysiikan kieltä sosiaaliseen kanssakäymiseen. Fysiikan kielen oppiminen on yksi fysiikan opetuksen ongelmista (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 173). Käsitteiden ja fysiikan kielen oppiminen on vaikeaa, koska fysiikan käsitteet eroavat arkielämän käsitteistä. Oppilaille on muodostunut jo oma käsityksensä ilmiöstä, jota fysiikan opetuksessa pyritään selittämään eri termein. Fysiikan oppitunneilla oppilaat saavat tietoa niin makro- kuin mikromaailman rakenteista ja ilmiöistä. Tämän tiedon esittämiseen ja siitä puhumiseen tarvitaan uusia käsitteitä, jotka poikkeavat mm. täsmällisyydellään puhekielen käsitteistä.

Käsitteiden opettamista pyritään mallintamaan opetuksessa. Mallien käyttö opetuksessa tuntuu luonnolliselta, sillä teorit todellisuudesta ovat mallien tekemistä ja niiden pätevyysalueiden testaamista. Saaren (1997) tutkimuksessa oppilaiden kiinnostusta pyrittiin herättämään lähtemällä liikkeelle heidän omista ajatuksistaan ja käyttämällä apuna oppilaiden esittämiä näytelmiä, joissa esimerkiksi hajuvesi toimi kaasuhiukkasen mallina. Saaren (1997) mukaan koulussa tulisi pyrkiä mielekkääseen oppimiseen omien kokemusten kautta. Mallien ja analogioiden käyttö voi tarjota haastavan ja tehokkaan välineen oppimisen avuksi. Mallien käyttöön liittyy kuitenkin myös virhekäsityksen vaara. Tehtyjen mallien testaaminen ja kehittäminen arkipäivän ongelmien ratkaisemisen yhteydessä saattaa herättää oppilaita huomaamaan fysiikan mielenkiintoisuuden ja haastavuuden. (Saari 1997, 53.)

Tutkimuksen mukaan väärinymmärtäminen on yleistä, jopa silloin kun kyseessä ovat aivan yleiset käsitteet, kuten tähti, aine ja hiukkanen (Korventausta 2002, 178). Uudet käsitteet jäävät irrallisiksi, ne eivät näytä rakentuvan oppilaan vanhan tietojärjestelmän päälle, ja nykyaikainen maailmankuva jää puutteelliseksi. Oman ajattelun tiedostaminen on välttämätöntä käsitteen muodostamiselle. Rebello ym. (2004, 2005) mukaan aikaisemmin fysiikan opetuksen tutkimukset on kohdennettu usein niihin vaikeuksiin, joita opiskelijat kohtaavat kehittäessään ymmärtämistä tietyillä fysiikan erityisalueilla. Tällöin perusolettamus on, että opiskelijoilla on fysiikan oppimisessa ennen kurssin alkua joukko virhekäsityksiä, jotka muodostavat esteen heidän oppimiselleen. Tämän näkemyksen mukaan fysiikan opetuksen päätehtävä on mahdollistaa opiskelijoille näiden virhekäsitysten korjaaminen. (Rebello & Zollman 2004; Rebello ym. 2005, 218-219.)

Rebello ym. (2005) mukaan viime vuosina fysiikan opetuksen tutkimus on laajentanut näitä näkökulmia monin tavoin. Uusissa tutkimuksissa ei tarkastella vain sitä, onko opiskelijoiden ymmärtäminen fysiikassa oikea vai väärä, vaan tutkimus kohdentuu eritasoisiin mentaalisiin malleihin ja tietorakenteisiin. Tällöin tutkitaan, miten opiskelijat rakentavat ja käyttävät näitä prosessointimalleja. Oppimistulosten kannalta ei ole tärkeää, ovatko mallit oikeita vai vääriä. Näissä tutkimuksissa keskeinen tarkastelukohde on tiedon rakentamisen prosessin edistäminen eikä niinkään lopputiedon tieteellinen oikeellisuus. Tämä tutkimuksellinen näkökulma on aikaisempaa enemmän opiskelija-orientoitunut, ja se on kiinnostunut opiskelijoiden tiedon käsittelytavoista tiedon oppimisessa ja soveltamisessa. (Rebello ym. 2005, 220-225, 246-248.)

Kouluopetuksessa tarvitaan tietoa myös tiedon luonteesta ja sen prosessoinnista ja siitä, miten tieteellinen tieto syntyy. Näitä tietoja tarvitaan muun muassa oppilaiden maailmankuvan rakentamisessa. Sormunen (2004) mukaan tiedon ja tietämisen hallinta on luultavasti jopa oleellisempi taito kuin useiden yksittäisten tietojen ja taitojen hallitseminen. Luonnontieteiden, kuten muidenkaan kouluaineiden, opetuksen tavoitteena ei voida pitää pelkästään tiedollista ja taidollista taitavuutta. Kouluopetus lukuisine erilaisine tiedon- ja taidonaloineen tarjoaa myös sosiaalisesti rikkaan ympäristön tiedon ja tietämisen luonteen tarkastelemiselle. (Sormunen 2004, 363-368.)

Opettajan ei pitäisi yksinomaan opettaa tiedon sisältöä, vaan ottaa mukaan myös kyseiselle tiedonalalle ominaista tiedon ja tietämisen luonnetta, jolloin kehitetään kriittisen ajattelun taitoja. Esimerkiksi fysiikan ongelmatehtävässä itse ratkaisu ei ole niin oleellinen kuin se, että pystyy kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen ja sovittamaan yhteen käsityksensä yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Fysiikan opetuksessa tarvitaan tiettyihin periaatteisiin perustuvaa teoreettista viitekehystä (esimerkiksi Newtonin lait). Oppilaiden tulisi ymmärtää, että jotkin ideat ja niiden ymmärtäminen ovat edellytyksiä muiden päätelmien tekemiselle. (Sormunen 2004, 330-334.)

Käsitteelliseen muutokseen tähtäävässä opetusmenetelmässä oppilaiden tulisi huomata ratkaisun tai mallin ja todellisuuden välinen kognitiivinen ristiriita. Tämän jälkeen oppilaiden tulisi pyrkiä keskustellen ja väitellen löytämään uusia ratkaisuja. (Ahtee 2003, 93.) Hendersonin (2002) mukaan fysiikan opetuksen käsitteellisessä ymmärtämisessä on tarpeen kehittää seuraavia sisältöjä: opettajien käsitteitä, opettajien havaintoja, opettajien käsityksiä ja opettajien orientaatiota (Henderson 2002, 54). Edelleen Henderson (2002) toteaa, että tutkimukset opettajien opetuksen aikaisesta päätöksenteosta osoittavat merkittävää eroa siinä, kuinka opetus kehittää joko ulkoista oppimiskäyttäytymistä tai sisäisiä kognitiivisia prosesseja oppimisyhteydessä. (Henderson 2002, 52).

Käsitteen oppiminen on prosessi, jossa on tärkeää lähestymistavan laajuus ja se, miten se liittyy oppilaan maailmaan. Savinaisen (2004) mukaan on hyvä laajentaa arkikäsitteen merkityssisältöä palauttamalla mieleen niitä yhteyksiä, joita oppilas niihin tuntee. Asiayhteys vaikuttaa siihen, miten koululainen ymmärtää tehtävän merkityksen, ja se vaikuttaa hänen halukkuuteensa ja kykynsä ryhtyä sitä suorittamaan. Esimerkiksi, kun kukin oppilas saa tehtävän ”Kirjoita, mihin sana vuorovaikutus mielestäsi liittyy”, käsitteellä vuorovaikutus on rikkaampi merkityssisältö.

3.1.3 Tiedon siirto

Tieto ei näytä siirtyvän oppiaineesta toiseen. PISA:ssa suomalaiset koululaiset osasivat käsitteet hyvin, mutta eivät elämänhallintaa käsitteleviä tehtäviä. Luonnontieteiden tehtävissä johtopäätösten teko ja ymmärtäminen eivät onnistuneet (PISA 2000).

Fysiikan käsitysten ymmärtämistaso voidaan saada selville tutkimalla tiedon soveltamista. Rebello ym. (2005) mukaan fysiikan opetuksessa useat tutkimukset on kohdistettu tunnistamaan fysiikan konseptuaalista ymmärtämistä, minkä opiskelijoiden odotetaan oppivan. Samalla on selvitetty, ovatko he oppineet nämä fysiikan käsitykset tutkimalla niiden soveltamista tietyissä ongelmanratkaisun yhteyksissä. Nämä tutkimukset eivät pelkästään selvitä opiskelijoiden konseptuaalista ymmärtämistä vaan myös sitä, osaavatko opiskelijat siirtää (transfer) ymmärtämistään toisten vastaavien tilanteiden ongelmanratkaisuihin. (Rebello ym. 2005, 217.)

Savinainen (2004) tutki käsitteiden ymmärtämistä fysiikan kouluopetuksessa. Hän kehitti fysiikan vuorovaikutteisen opetusmenetelmän, jossa käsitteellisellä ymmärtämisellä on keskeinen rooli. Hän kehitti myös käsitteellisen mallin, jonka avulla opiskelijoiden käsitteellistä ymmärtämistä fysiikassa voidaan arvioida uudella tavalla. Opiskelijoiden käsitteiden hallinta on usein annetun tehtävän ulkoisiin piirteisiin, kontekstiin ja esitysmuotoon sidottua. Opiskelijoilla on myös vaikeuksia toisiinsa liittyvien käsitteiden erottamisessa ja toisaalta niiden yhteyksien hahmottamisessa. Tulosten mukaan opiskelijat, jotka osaavat soveltaa fysiikan käsitteitä tuttuihin tilanteisiin, eivät välttämättä kykene soveltamaan tietoaan toisenlaisissa yhteyksissä. Vuorovaikutteisessa opetusmenetelmässä oppilaat sovelsivat käsitteitä eri konteksteissa, ja opiskelijoiden välisissä pienryhmäkeskusteluissa opiskelijat saivat tilaisuuksia harjoitella fysiikan ”puhumista”.

Rebello ym. (2005) tarkastelivat fysiikan tiedon siirron ja soveltamisen prosesseja analogisena, induktiivisena tai deduktiivisena päättelyketjuna. He totesivat, että oppilas tunnistaa fysiikan ongelmanratkaisussa siirtoyhteyden (*transfer context*) olevan samankaltaisen kuin aikaisemmassa ratkaisussa. Rebello ym. (2005) sovelsivat yleisiä tutkimustuloksiaan erityistilanteisiin, esim. mekaniikkaan. Lisäksi tiedon siirtoa ongelmanratkaisujen yhteydessä tutkittiin luokkaopetuksessa mekaanisiin laitteiden kontekstissa. (Rebello ym. 2005, 240-241.) Rebellon (2005) mukaan tiedon siirrossa ei ole tärkeää tietää, siirtyykö tieto toiseen kontekstiin vaan miten tieto rakentuu, kun sitä sovelletaan. Tutkija selvittää opiskelijoiden tietorakennemallit riippumatta siitä, ovatko ne tieteellisesti oikeita. Useimpien opiskelijoiden käsitykset muuttuvat tietyllä tavalla opetuksen ja kokemusten kautta. Tarkastelu kohdistuu opiskelijoiden epistemologiaan, olettamuksiin ja odotuksiin. (Rebello ym. 2005, 226.)

3.2 Opetusmenetelmien kehittäminen

Tässä luvussa tarkastelen fysiikan opetuksen opetusmenetelmiä ja niiden tutkimusta. Tutkiva oppiminen -opetusmenetelmän tavoitteena on oppilaan ajattelun ja sosiaalisten taitojen kehittyminen monipuolisessa oppimisympäristössä. Käsittelen sitä ensin, koska se soveltuu hyvin fysiikan opiskeluun. Toiseksi käsittelen ongelmanratkaisua. Sitten käsittelen vuorovaikutteisia opetusmenetelmiä ja kokemuksellista oppimista ja palautteen antamisen

merkitystä opetuksessa. Taulukkoon 30 (LIITE 6) olen koonnut keskeiset asiat tässä luvussa käsittelemistäni fysiikan opetusmenetelmistä.

Opettajilla on esteitä perinteisten opetusmenetelmien muuttamiseen. Fysiikan opetuksessa opettajat eivät käytä syvällistä ja laajaa fysiikan ymmärrystään opetusmenetelmissään. (Henderson 2002, 1-3, 177-178.) Hodson (1993) osoitti, että nekin opettajat, joilla oli selkeä ja pätevä ymmärrys luonnontieteistä ja sen luonteesta, eivät suunnitelleet laboratorio-opetusta näiden näkemystensä mukaisesti. Sen sijaan opettajat keskittyivät opetuksen käytännön hallintaan ja kurssin sisältötavoitteisiin. (Hodson 1993, 41.)

3.2.1 Tutkiva oppiminen

Fysiikan opetuksessa on paljon tutkivan oppimisen elementtejä. Tutkiva oppiminen - lähestymistavassa opettajat ja opiskelijat ovat molemmat tiedon luoja ja heitä yhdistää tutkimuksellinen näkökulma opiskeluun ja oppimiseen. Ajatellaan, että opettajien tulee olla paitsi opettajia, heillä tulee olla myös tutkijan taitoja voidakseen kehittää itseään ja työtään ja luoda omaa käyttäteoriaa. Opettaja joutuu työssään huomioimaan opettamisen ohella sekä omaa että oppilaan oppimista. (Niikko 2001, 188.) Opetuksessa ja tutkimisessa on samankaltaisuuksia. Molemmissa painottuu reflektion ja itsearvioinnin merkitys sekä kognitiivisten että metakognitiivisten ajattelun taitojen kehittäminen. (Niikko 2001, 191.) Tieteen prosessista voidaan ottaa oppia: empiria ja pohdinnat, jotka ovat auttaneet tieteessä kehittämään mielikuvia kohti nykyisiä käsityksiä, voivat olla avain nykyaikaiseen fysiikan opetukseen (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998b, 80).

Hakkaraisen ym. (2001) mukaan tutkivan oppimisen periaatteet kehittävät erityisesti oppilaan ajattelun prosesseja. Lähtökohtana on se, että ihminen, jo pieni lapsi, on luonnostaan tutkiva olento, jolle ihmettely on luontaista. Kun lapsi kysyy miksi, hän rakentaa käsitystään maailmasta. Näitä luonnollisia tutkimusvalmiuksia voidaan kehittää perehtymällä vastaavien asiantuntijoiden kokemuksiin ja saavutuksiin ja erityisesti tieteellisen tutkimuksen toimintamenetelmiin. Tutkiva oppiminen on pedagoginen malli, jonka tarkoituksena on tukea asiantuntijalle tyypillistä tiedonhankintaa. Opettaja ja oppilas luovat yhdessä konkreettisen arkielämään liittyvän tilanteen, jota oppilas alkaa tutkia. Onnistunut tutkimustyö, joka johtaa tutkittavan ilmiön merkityksen ja niiden välisten suhteiden ja kokonaisuuksien ymmärtämiseen, tuottaa paitsi tietoa, myös elämyksiä. (Hakkarainen, Bollström-Huttunen, Pyysalo & Lonka 2005, 29.) Tutkivan oppimisen prosessin lähtökohtana on yhdessä luotu tutkimuskonteksti tai asiayhteys (Hakkarainen ym. 2005, 37). Tutkiva oppiminen perustuu rikkaan ja monimuotoisen oppimisympäristön luomiseen, joka rohkaisee, tukee ja ohjaa oppilaita käyttämään kysymysten ohjaamaa tutkivaa oppimista (Hakkarainen ym. 2005, 107).

Opettaja voi opettaa oppilaan seuraamaan eri tietolähteistä avautuvia uusia tiedon polkuja. Ne voivat aukaista kokonaan uuden maailman, jota voi tutkia salapoliisin lailla. Tällaisen aidon salapoliisityön tukemiseksi oppilaat tarvitsevat malleja, ohjausta ja palautetta. Kaikkein keskeisintä on oppia pitämään tutkivaa lähestymistapaa jännittävänä ja hauskana tutkimusmatkana eikä ahdistavana suoritustilanteena. (Hakkarainen ym. 2005, 121.) Tärkeintä tutkivassa oppimisessa on tavoitteet ja prosessi, jolla tietoa haetaan. Arviointia tehdään myös kaikissa oppimisen vaiheissa: arvioidaan suhtautumista tietoon, ymmärtämiseen liittyvien käsitteiden asettamista, keskeisen lähestymistavan löytymistä jonkin ongelman ratkaisemiseen ja oman osaamisen jakamista. (Hakkarainen ym. 2005, 219.)

Tutkivan oppimisen tavoitteet ja menetelmät sopivat yhteen kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteiden kanssa. Tärkeää oppimisessa on se, että opettaja luo oppilaan elämään liittyvän oppimisympäristön, jossa oppilaan on mahdollista rakentaa kokemuksellista tietoaan oppimalla myös käyttämään eri tietolähteitä.

3.2.2 Ongelmanratkaisu

Oppiminen on luonnollisinta ja tehokkainta, kun tilanteet liittyvät arkielämään ja ovat oppilasta koskettavia. Oppimisen on ongelmanratkaisuprosessi, joka syntyy oppilaan testatessa uusia tilanteita aiemman tietämyksensä avulla. (Haapasalo 1998, 96.) Ongelmanratkaisu liittyy luonnontieteelliseen ajatteluun ja tiedon soveltamiseen. Kognitiivinen oppimistutkimus on kiinnostunut taitavuudesta esimerkiksi ratkaista arkielämän ongelmia. Tutkimustuloksena on saatu, että ongelmanratkaisun strategiat ovat ominaisia jo aloittelevien henkilöiden käyttäytymiselle. Menestyvälle ongelmanratkaisulle on olennaista ihmisen tietoisuus omasta ajattelustaan, tiedoistaan ja strategioistaan sekä kyky säädellä omaa mentaalista informaation prosessointiaan. (Enkenberg 2002, 162-163.) Ongelmanratkaisua kehittävät oppimisympäristöt tukeutuvat aihekohtaiseen tietoon, ja oppimisympäristöt haastavat päätöksentekoon siitä, mitä ja milloin tietoa ja taitoa on sovellettava. Oppimistehtävät kannustavat oman tiedon ja ajattelun pohdintaan ja näin pyrkivät tukemaan metakognitiivisten taitojen kehittymistä. (Enkenberg 2002, 163.) Luovaa ilmapiiriä pidetään luovan ongelmanratkaisun edellytyksenä. Luovan ilmapiirin tunnusmerkkejä ovat kiireettömyys ja avoimuus. Luova toiminta on silti tavoitteellista ja kurinalaista. (Meisalo ym. 2000, 48-49.)

Hendersonin (2002) mukaan oppilaan tiedon rakentamista voidaan tarkoituksenmukaisesti tehostaa ongelmanratkaisussa. Aloittelijoilla on vähemmän tehokas tietorakenne ja se on tyypillisesti järjestäytynyt pinnallisiin piirteisiin. Ongelmanratkaisutaitoja parantavia keinoja on kaksi: a) todellisia ulkomaailman ongelmia käytetään soveltamiskohteena siten, että oppilaiden analyysitaitoja kehitetään, b) oppilaat työskentelevät muiden oppilaiden kanssa tai tietokoneopetuksessa, jolloin heidän täytyy soveltaa ja selittää ajattelutapaansa ongelman ratkaisussa. (Henderson 2002, 53-54.)

Ongelmien kriittinen ja monipuolinen tarkastelu on tieteellisessä mielessä suositeltava tapa. Vaihtoehtoisia näkökulmia tulisi rohkaista ja samalla auttaa oppilaita havaitsemaan kuhunkin näkökulmaan liittyvät yleiset ehdot. Vaihtoehtoisten näkökulmien sivuuttaminen köyhydyttää luonnontieteen opetusta ja antaa siitä väärän käsityksen.

3.2.3 Vuorovaikutteinen fysiikan opetus

Vuorovaikutteisella fysiikan opetuksella tarkoitetaan opetusta, johon liittyy dialoginen keskustelu. Käsitteellinen, puhuttu ja kirjoitettu kieli, perustelut ja ongelmanratkaisun taidot ovat tärkeitä asioita opetuksessa. Kommunikaatio sisältää sekä puheen että kuuntelun. (Ahtee & Pehkonen 2005.)

Keskustelussa voidaan kysyä, vertailla asioita, oppia perustelemaan mielipiteet. Opettaja saa tärkeää tietoa oppilaasta, hänen ajattelun taidoistaan ja fysiikan käsitteiden sisäistämisestä. Tarkastelen tutkimustietoa vuorovaikutteisen opetuksen merkityksestä.

Kaikinpuolista kommunikointia oppilaiden kesken ja oppilaiden ja opettajan kesken tulisi kannustaa fysiikan tunneilla. Oppilaan oppimista helpottaa ja tehostaa, jos hän saa puhua

muiden kanssa käsiteltävästä asiasta. Hiljainen luokka ei kerro mitään oppimisesta, mutta puhuva luokka antaa opettajalle välitöntä palautetta. Tämä saattaa vaatia uutta kulttuuria fysiikan tunneilla, mutta tulokset ovat todennäköisesti sen arvoisia. (Saari 1997, 53.) Savinainen ja Viirin (2005) tutkimuksen mukaan opetuksessa kannattaa antaa opiskelijoille runsaasti mahdollisuuksia puhua ja vertailla kehittyviä käsityksiään toisten opiskelijoiden ja opettajan kanssa, mikä edistää merkittävästi oppimista. Tässä ns. vuorovaikutuskaaviossa hahmotetaan voimien ympäristö ja vuorovaikutukset ennen niiden käsitteellistä piirtämistä. (Savinainen & Viiri 2005, 63-65.)

Ahtee (2003) tutki luokanopettajien selityksiä ilmiöille ja osoitti tutkimuksen analyysissä neljä tärkeää asiaa opetuksen kehittämiseksi. Jokaisen oppilaan on pyrittävä selvittämään itselleen, minkälaisia ajatuksia hänellä jostakin aiheesta on, ja opettajan tulee tuntee oppilaiden käsitykset ja niiden muuttuminen käsiteltävästä aiheesta. Toiseksi opettajan tulee kiinnittää huomio aineiston keskeisiin ja tärkeisiin ideoihin. Kolmanneksi tulee kiinnittää huomio oikeaan ilmaisuun. Ja neljänneksi opetuksessa pitäisi pyrkiä keskusteluun, jota opettajan tulisi ohjata ja olla mukana kuuntelijana. (Ahtee 2003, 99.)

Crouch ym. (2004) tutkimuksen mukaan nuoret yliopisto-opiskelijat oppivat paremmin opetusmenetelmistä, joista he ovat aktiivisesti kiinnostuneita, kuin perinteisistä opetusmenetelmistä, joissa he ovat passiivisia osallistujia. Tutkimustulokset osoittavat, että laboratoriotyöskentelyssä diskurssimenettely saa aikaan parempia oppimistuloksia kuin perustyyppinen demonstraatio. Oppilaiden oppimistulokset parantuvat, kun oppilaille annetaan muutama minuutti aikaa arvioida demonstraation lopputulos ja kirjoittaa ne muistiin. Tuloksen kysyminen ennakoon oppilailta sekä ryhmässä tehtävä pohdinta parantavat opiskelijan kiinnostumista ratkaisuun sekä antavat parantuneita oppimistuloksia. (Crouch ym. 2004, 835.) Mielestäni nämä tulokset ovat siirrettävissä koskemaan peruskoulun yhdeksäsluokkalaista, joilla on jo kognitiivisia taitoja.

Myös oppilaiden välisillä vuorovaikutuksilla, ryhmätyöskentelyllä, on merkitystä fysiikan ymmärtämiselle. Ryhmässä opiskelu on sekä sosiaalista että yksilöllistä. Ryhmätyötä tehdään, koska se edistävää oppimista ja siihen tarvittavia taitoja sekä kehittää sosiaalisia taitoja. Ryhmätyö sopii hyvin peruskouluun, jossa tavoitteena on oppia muassa sosiaalista kanssakäymistä ja humaaneja asenteita ja arvoja. Ryhmätyö antaa valmiuksia myös koulun ulkopuolisiin tilanteisiin, se kasvattaa aktiivisuutta ja itsenäisyyttä. Ensin tarkastelen tutkimuksia, joissa korostetaan ryhmätyön merkitystä fysiikan opiskelussa. Sitten käsittelen tutkimusta, jossa pohditaan, miten ryhmätyötaitoja opetetaan oppilaille. Hogan ym. (1999) ja Gresser (2006) tutkivat ryhmätyötaitoja amerikkalaisilla yliopisto-opiskelijoilla.

Ryhmätyöskentely mielletään oppilaiden keskinäiseksi työskentelyksi. Tavallaan opettajajohtoinen luokkaopetus on myös eräänlaista ryhmätyötä. Hoganin ym. (1999) mukaan opettajan rooli on tällöin tärkeä kysymyksen tekijänä ja oppilaan rooli vastaajana. Opettajajohtoisissa ryhmissä opettajat luovat ne tilanteet, joissa opiskelijat laajentavat ja selkeyttävät omaa ajatteluaan. Hoganin ym. (1999) mukaan opettajan johdolla tapahtuvat diskurssit olivat tehokkaampia kuin ryhmädiskurssit pyrittäessä korkeamman tason perusteluihin. Opiskelijoille oli tiedollisesti arvokkaampaa ymmärtää opettajan perusteluita, jotka laajensivat ja kiteyttivät heidän oman ajattelunsa avaintekijöitä. (Hogan ym. 1999, 379-432.) Kun työskennellään ilman opettajaa, opiskelijoiden diskurssit ja samalla heidän roolinsa vaihtelevat tilanteen mukaan. Kun he keskustelevat keskenään, he eivät vain käytä käsitteellisiä ilmaisuja, vaan esittävät paljon kysymyksiä, epäilyjä ja käsityksiä oppimisestaan.

Keskustelujen vuoksi opiskelijaryhmistä olisi tehtävä tietojen ja ajattelutaitojen mukaan heterogeenisia. (Hogan ym. 1999, 379-432.)

Gresserin (2006) tutkimusten mukaan tiettyjä menettelytapoja tarvitaan, että oppilaat tottuvat kysymään toisiltaan kysymyksiä, työskentelemään yhdessä ja keskustelemaan tarkoituksenmukaisesti. On hyödyllistä auttaa oppilasryhmän jäsen ymmärtämään ryhmän muiden jäsenten voimavarat tukemaan häntä itseään. Jos ryhmä ei löydä ratkaisuja, opettaja voi pyytää oppilaita kääntymään toisen ryhmän puoleen, joka on jo ratkaissut tehtävänsä, koska oppilaat eivät yleensä hyväksy ryhmän näkökantoja yhtä hyvin kuin opettajan. Tämä vaatii oppilaalta tilanteen ymmärtämistä. Tällöisen vuorovaikutuksen kautta oppilaat alkavat nähdä ne hyödyt, mitä aikaansaadaan sosiaalisessa vuorovaikutuksessa. (Gresser 2006, 103-104.)

Tynjälän (2000) mukaan yhteistyön edut selittyvät sosiaalisten prosessien kautta, jotka johtavat konfliktin ratkaisemiseen. Näitä prosesseja ovat keskustelu, neuvottelu ja argumentaatio. Mikä tahansa keskustelu ei johda ongelmanratkaisuun ja kehittää ymmärtämistä. Mercer (1995) jakaa keskustelun seuraavasti: kiistelevä puhe, kumulatiivinen puhe ja tutkiva puhe.

Ensimmäisessä ei tule esiin rakentavaa kritiikkiä. Kumulatiivinen, muiden ajatuksia myötäilevä puhe, vahvistaa tai saa aikaan uuden ajattelun prosessin. Tutkivassa puheessa keskusteluun osallistuvat tarjoavat toisilleen erilaisia mielipiteitä pohdittavaksi ja pyrkivät yhteiseen ymmärrykseen. Tutkiva puhe perustuu yhdessä pohtimiseen ja ongelmien ratkaisemiseen. Mercerin (1995) mukaan on tärkeää, että opettaja tulee tietoiseksi näistä erilaisista vuorovaikutuksen tavoista. Argumentoivalle keskustelulle on ominaista mielipiteiden perusteltu esittäminen, joiden pohjalta jokainen voi muodostaa oman käsityksensä asiasta (Tynjälä 2000, 149-150).

Hartikainen (2007) jakaa oppilaiden puhetyypit seuraavasti: toiset ohittava puhe, toisia suostutteleva puhe, kumuloituva puhe, tutkiva puhe. Ensimmäisen puhetyypin tulkitsemisen päälle puhumiseksi, ei kuuntelevaksi puheeksi. Hartikaisen (2007) tuloksen mukaan oppilaiden keskinäisissä merkitysneuvotteluissa vain kumuloituva ja tutkiva puhe johti oppilasryhmän yhteiseen tiedonrakenteluun. (Hartikainen 2007, 207-218.) Myös Kumpulaisen ja Wrayn (2002) mukaan tutkiva ja pohtiva puhe on tärkeää oppilaan oppimiselle (Kumpulainen & Wray 2002, 136).

3.2.4 Kokemuksellinen opetus

Toimintatutkimuksen perinteessä oppiminen nähdään kokemuksellisena ja reflektoitavana prosessina. Kokemuksellisen oppimisen malli lähtee liikkeelle kokemuksista, jotka muuttuvat reflektoitavan ajattelun avulla käsitteiksi (Kiviniemi 1999, 65-67). Silkelän (2001) mukaan merkittävät oppimiskokemukset ovat persoonallisia, henkilökohtaisia ja ainutlaatuisia kokemuksia, jotka muovaavat ja muokkaavat ihmisen identiteettiä ja persoonallisuutta ja vaikuttavat hänen maailmankuvaansa, arvomaailmaansa, kasvuunsa ja kehitykseensä. Merkittävien oppimiskokemusten tutkiminen on tajunnallisten merkityssuhteiden selkeyttämistä, oman elämänkulun jäsentämistä ja inhimillisen kasvun tukemista. Omien kokemusten reflektointi ja kokemuksellinen oppiminen ovat osa elinikäistä oppimista ja oman minuuden asteittaista syvempää ymmärtämistä ja toteuttamista. (Sikkelä 2001, 15-23.) Hautamäen ym. (2002) mukaan koulutuksen vaikuttavuuden yksi tekijä on oppimaan oppimisen valmiudet. Hautamäki ym. (2002) määrittelevät oppimaan oppimisen hyvin

yksityiskohtaisesti: "Oppimaan oppiminen on taito ja halu sopeutua ja sitoutua uuteen tehtävään ja sen edellyttämään henkiseen työhön (haasteen, lupauksen ja uhan käsittelynä), aktivoimalla ajattelun hallinta ja toivon perspektiivi, käyttäen keinona oppimistoiminnan kognitiivista ja affektiivista itsesääteilyä." (Hautamäki ym. 2002,10.)

Opetuksen työtapaa valitaan riippuen aseteituista tavoitteista ja opiskelijoiden taustasta (Meisalo ym. 2000, 36). Tyypillistä työtavalle on tavoitteisuus ja sosiaalinen vuorovaikutus opettajan ja opiskelijoiden välillä tai opiskelijoiden kesken. Kun tavoitteena on arvojen ja asenteiden sekä oppilaan maailmankuvan rakentuminen, opetuksen tulee antaa mahdollisuus oppilaan kokemukselle. Esimerkiksi ympäristökasvatuksessa tunnepitoista suhdetta ympäristön kanssa luodaan ihmisen kokemusten ja aistihavaintojen pohjalta (Wahlström 1997, 1-7). Arvokasvatuksessa emootiot ja intuitio nähdään yhtä tärkeänä kuin looginen ja rationaalinen ajattelu (Mikkola 1997, 121). Kriittinen konstruktivistinen epistemologia näkee, että arvot ja faktatieto eivät ole erillisiä ja että olennaista on tietoisuus arvoista (Kincheloe 2003, 206-207). Perttulan (2005) mukaan ihmisen kokemukseen liittyvät tiedon lisäksi usko, tunne ja intuitio, johon liittyy itsetiedostuksen kyky (Perttula 2005, 123-124, 127). Kokemukselliseen oppimiseen liittyvät tiedon lisäksi tunteet ja pyrkimys arvojen tiedostamiseen.

Shulman (1986) painottaa opetuksessa narratiivisen opetuksen merkitystä muistiin jäämiselle, koska tarinoissa tieto on tallennettu hyvin ja rikkaasti, ja niissä teoria, käytäntö ja arvot kohtaavat. Tarinoissa näkyy opetuksen visio, joka vaikuttaa opetukseen. (Shulman 1986, 11-12.) Hashwehin (2005) mukaan opettaja tallentaa kokemuksensa opettamisesta joko tapauskohtaiseen tai kertomukseen pohjautuvaan muistiin, joka päivittyy jatkuvasti kokemusten ohjaamana. Kertomukseen pohjautuva muisti sallii asioiden muistamisen kerralla.

Narratiivisuus opetuksessa voi merkitä myös, että opettaja asennoituu opetukseen kertomalla pieniä arkielämän tarinoita ja kysymällä kysymyksiä. Tehtäviä voidaan rakentaa oppilaan kokemukselle: esim. tehtävät "Minä käytän sähköä" tai "Paikkamme maailmankaikkeudessa" voivat herättää oppilaan mielikuvia. Tarinat voivat auttaa opiskelijaa selvittämään mielipiteitään ja arvojaan. Fysiikkaan liittyvät filosofiset kysymykset voi tuoda esiin tarinana (vrt. Makkonen 2003, 113-114). Tarinoiden avulla opettaja voi saada tietoa myös opiskelijoista. Keinosen (2005) mukaan tarinoiden käyttö menetelmänä luonnontiedenäkemysten selvittämiseksi osoittautui antoisaksi tavaksi saada tietoa opiskelijoiden näkemyksistä (Keinonen 2005, 183-189).

Narratiivinen opetus herättää kiinnostusta, ja se tuo mukanaan fysiikan opetukseen aineksia, joissa käsitellään tieteen luonnetta ja kehitystä. Tarinat oppiaineen historiallisesta kehittymisestä ja henkilöhistoriasta motivoivat oppilaita (Ahtee & Pehkonen 2000, 66). Historiallinen näkökulma auttaa oppilasta saamaan fysiikkaan persoonallisemman otteen (Lavonen & Meisalo 1997, 46-47).

Tieteen kehitys kulkee ristiriitojen kautta, jotka sisältävät paljon filosofisia kysymyksiä tiedon luonteesta (Kuhn 1994, 78) ja myös oppilaita kiinnostavia mystisiä kysymyksiä. Fysiikan tutkimukset ovat muuttaneet monesti vallitsevaa maailmankuvaa. Luonnontieteellinen maailmankuvamme perustuu satoja vuosia kestäneeseen luonnontieteiden edistymiseen. Galilein havainnot muuttivat vähitellen vallitsevan maakeskeisen maailmankuvan aurinkokeskeiseksi. Hän joutui puolustamaan kantaansa kirkon auktoriteettia vastaan. Newtonin liikelait ovat klassisen fysiikan perusta, ja niiden sanotaan olevan tieteellisen

maailmankuvan perusta, mikä käsitetään usein materialistiseksi. Kuitenkin Newton työskenteli monipuolisesti: hän haki aineksia mystiikasta ja laittoi runsaasti aikaansa alkemiaan. Hän etsi elämän eliksiiriä, aineen henkeä. Kemia on kehittynyt alkemiasta. Astrologia on taas jääne menneisyydestä, tieteen ja mystiikan yhdistelmä. Mystiset asiat kiinnostavat joitakin nuoria (Lavonen ym.2005e; Lavonen ym. 2005c) ja koulussa asiaa voidaan myös sivuta. Ajan mittaan päästiin yksinkertaisiin keksintöihin ja syntyi teknologia, fysiikan näkyvin sovellusalue. Sen välityksellä fysiikasta on tullut keskeinen ihmiskunnan historiaan vaikuttava tekijä (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 58).

Ahteen (1998) mukaan opettajan tulee luoda sellainen oppimisympäristö, jossa opiskelijat uskaltavat tuoda esiin omat keskeneräiset ja hajanaiset ajatuksensa. Oppilaat tarvitsevat tilaisuuksia, joissa puolustaa omia väitteitään ja etsiä heikkouksia toisten väitteistä. Tällainen oppilaiden kesken tapahtuva keskustelu ja pienimuotoinen väittely ovat lähes kokonaan puuttuneet luonnontieteiden opetuskulttuuristamme. Opiskelijat eivät koe ristiriitaa käsityksiensä ja tieteen välillä. (Ahtee 1998, 145-146.) Sosiaalisissa vuorovaikutuksissa pyritään löytämään yhteinen ymmärrys ja sopimus asiasta. Tieteellisen tiedon kyseessä ollessa keskustelun tai väittelyn tavoitteena on kärjistää eroavuuksia ja lujittaa tai hylätä kilpailevat mielipiteet. Arkitiedossa hyväksytään ilmeisiä ristiriitaisuuksia ja loogista riippuvuutta ei vaadita. (Ahtee 1998, 139.)

Kiviahteen (2005) mukaan koulussa tulee käsitellä opiskelijan kulttuuriympäristön aitoja ongelmia ja hyödyntää työkaluna uutta tieto- ja viestintäteknikkaa. Kiviahteen (2005) kokeilussa kuunneltiin oppilaiden omia kokemuksia ja arvioitiin ymmärryksen kehittymistä opiskelijan omia verkkotyöskentelyn tuotoksia keskenään vertaillen. Tällainen teorian tiedon ja laboratoriotyöskentelyn yhdistäminen tukee uuden tiedon liittymistä opiskelijan aikaisempaan, hyvin yksilölliseenkin kulttuuritietoon. (Kiviahde 2005, 101-105.)

3.2.5 Palautteen merkitys

Koulutusjärjestelmää säätelevät lait ovat tuoneet mukanaan velvollisuuden koulutuksen laadun arviointiin. Keskeisessä asemassa on itsearviointi, mikä vaatii monenlaista vuorovaikutusta opettajan ja oppilaan välillä. Vaihtoehtojen toimintatapojen pohtiminen oman toiminnan arvioimisessa ei ole kuulunut suomalaisen kulttuuriperinteen arvoihin. Voidaksemme oppia arvioimaan omaa toimintaamme avoimesti ja turvallisesti meidän olisi kyseenalaistettava perinteisiä toimintaprosessejamme. (Rauste-von Wright ym. 2003, 15.)

Fysiikan luokkaopetuksessa arviointi- ja palautejärjestelmä voi olla erittäin hyvä työväline. Palautejärjestelmän tehokkuus riippuu vahvasti opettajan ja oppilaiden vuorovaikutuksen laadusta. (Beatty ym. 2006, 32-33.) Riittävän palautteen hankkimiseksi tarvitaan havainnointia, keskustelua, analyysiä ja selvityksiä. Hyödyllistä palautetietoa on opeteltava käyttämään, ettei palaute estä innovatiivista toimintaa. Palautejärjestelmässä tulisi ottaa huomioon, että puhuminen siitä, mitä on tapahtunut, on yhtä tärkeää kuin havainnointi. Palautejärjestelmien kehittäminen voi myös lähentää oppilaita ja opettajia toisiinsa, sillä oppilaiden mukanaolo arvioinnissa lisää heidän sitoutumistaan opiskeluun. Opetuksen arviointi ja palautteen hyödyntäminen opetuksessa edellyttävät siihen osallistuvien avoimuutta ja keskinäistä luottamusta. (Salmio 2004, 171.)

Koululuokassa opetuksen arviointi tapahtuu tehtävien ohella opetusprosessin aikana. Riittävän palautteen saaminen edellyttää, että opettaja ja oppilas havainnoivat, keskustelevat, tekevät selvityksiä ja reflektovat.

3.3 Tehtävien merkitys ja luonne fysiikan opetuksessa

Tässä luvussa käsittelen tutkimustietoa fysiikan tehtävien luonteesta. Keskeiset asiat olen koonnut taulukkoon (taulukko 31, LIITE 6). Taulukosta näkyy, miten olen pelkistänyt tehtävien luonteen avainsanoiksi. Tämän taulukon tietoja käytän fysiikan valinnaiskurssin tehtävien ja menetelmien analysoinnissa (kappale 6.2.3) sekä käsitekartassa fysiikan opetuksen tutkimuksesta (Kuvio 8, kappale 6.1.7).

Fysiikan opetuksessa tehtäviä arvioidessa tärkeimpänä vaatimuksena on se, että tehtävien ja niiden arvostelun tulisi vastata fysiikan opetuksen tavoitteita, joiden avulla arvioidaan ja mitataan oppimistavoitteiden saavuttamista. Fysiikan tehtäviä suunniteltaessa ja valittaessa on hyvä arvioida, minkä tasoista osaamista tehtävät edellyttävät, kuinka ne vastaavat opetussuunnitelmien tavoitteita ja minkälaisia erityyppisiä fysiikan tehtäviä valitaan mukaan. (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22.)

Sinnemäen ja Ahteen (2003) mukaan fysiikan ymmärtämisen merkitys ja luonnontieteellinen ajattelutapa tulisi olla lähtökohtana fysiikan opetuksessa. Tehtävät ovat keskeinen osa fysiikan opetusta, opiskelua ja arviointia ja sen vuoksi tehtävien tarkastelu on erittäin tärkeää. Tehtävät vaikuttavat paljon siihen, muodostuuko fysiikan opetuksesta ja oppimisesta vain kaavojen ja mekaanisten laskujen ratkaisua vai ohjaavatko tehtävät asioiden ja ilmiöiden todellisen merkityksen ymmärtämiseen. Tehtävät voivat käsitellä samaa aihetta monin eri tavoin ja auttavat oppilasta näkemään eri tarkastelutapojen ja esitysmuotojen yhteyden. Samalla ne auttavat oppilasta opitun aiheen kokonaiskuvan hahmottamisessa. Tehtäviä käsittelemällä tulisi voida osoittaa tuntevansa ja ymmärtävänsä, miten ilmiöt ja teoria vastaavat toisiaan ja mikä on teorioiden ja teoreettisten mallien merkitys luonnon ilmiöiden esityksenä ja selityksenä. Tehtävien ja niiden käsittelyn tulee vaatia oppilaalta itsenäistä ajattelua, ongelmanratkaisukykyä ja tiedon soveltamista. (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22.) PISA-arvioinnissa, jonka tavoitteena on jatko-opintoihin, työelämään ja yhteistoimintaan liittyvien valmiuksien arviointi, osaamisen oletetaan tulevan parhaiten esille autenttisissa, todellista elämää jäljittelevissä tehtävissä (PISA 2000).

Kun opettaja valitsee opetussisältöjä ja menetelmiä, hänen on oltava tietoinen opetuksen tavoitteista. Käsitteelliseen muutokseen pyrkivät opetusmenetelmät voidaan jakaa kahteen osaan: 1) käsitteelliseen ristiriitaan ja sen ratkaisemiseen perustuviin menetelmiin, 2) menetelmiin, jotka tähtäävät oppilaan tietorakenteen laajentamiseen uuteen alueeseen. Jälkimmäisessä menetelmässä korostuu opettajan rooli sopivien opiskelumateriaalien valitsijana. (Ahtee 1998, 143-144.) Käsitteelliseen ristiriitaan päästään esimerkiksi arkielämän ongelmien kautta. Ahtee ja Pehkonen (2000) ovat kehittäneet luokitusrunгон, jonka avulla voidaan arvioida, minkätasoisista oppimista tehtävät vaativat. Luokitus on seuraava: kriteereiden tietäminen, ymmärtäminen, soveltaminen ja korkeampien kykyjen käyttö. (Ahtee & Pehkonen 2000, 74.)

Kasvatustieteellisessä tutkimuksessa painotetaan esseen ja oppimispäiväkirjan merkitystä sekä itse arviointia, ajattelua että ymmärrystä kehittävinä toimintoina. Konstruktivistinen käsitys oppimisesta painottaa sitä, että mielekäs tiedon konstruointi edellyttää asioiden ymmärtämistä. Ymmärtäminen on edellytys myös tiedon käsittelyyn. (Tynjälä 2000, 173.) Uudenlaisia ymmärtämistä testaavia arviointimenetelmiä ovat esimerkiksi aineistokoe, näyttökoe, oppimisprosessin arviointi, harjoitustyö, essee, esitykset, jatkuva arviointi, projektityöskentely, oppimispäiväkirja, portfolio, itse- ja toveriarviointi (Tynjälä 2000, 175-181).

Hakkaraisen ym. (2005) mukaan huippuoppilaita tulee yleensä nuorista, jotka ovat oppineet hyödyntämään tiedon ulkoista esitystapaa, kuten prosessikirjoittamista ja visualisointia, oman ajattelunsa ja oppimisensa välineenä. Tiedon muokkaamisen tapoja ovat tiivistelmät ja kaaviot, koska kun luemme, teemme päätelmiä. Tutkimukset osoittavat, että omin sanoin kirjoittaminen ja kaavioiden piirtäminen auttavat omaksumaan sovelluskelpoista tietoa. (Hakkarainen ym. 2005, 139-140.) Kirjoittaminen kehittää ajattelua, koska se tekee ajatukset näkyviksi ja mahdollistaa niiden edelleen kehittelyn. Lähdemateriaalin pohjalta tehty essee vaatii oppilasta yhdistelemään ajatuksia, muuttamaan tietoa, valikoimaan, järjestämään, arvioimaan tekstejä, tekemään omia päätelmiä. Esseen kirjoittaminen on korkeanasteista ajattelutoimintaa. (Tynjälä 2000, 177.) Persoonallisuutta kehittäviä työtapoja ovat rentoutus, itse-seuranta ja suggestopedia. Ajattelua kehittäviä työtapoja ovat muistimallit, päättelytaidot, käsitteen muodostumisprosessi, käsitekartat, kyselyt. (Sahlberg & Leppilampi 1994, 71.)

Yhteistoiminnallisessa vertaistyöskentelyssä korostetaan usein tehtävien avoimuutta. Avoimen tehtävän on todettu tukevan ja rikastuttavan oppilaiden yhteistä neuvottelua ja merkitysten rakentamista. (Kumpulainen 2002, 259.)

3.4 Yhteenveto fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta

Tässä luvussa teen yhteenvedon luvun 3 keskeisistä asioista. Luku 3 käsitteli fysiikan opetuksen tutkimusta: opetuksen tavoitteita, metodeja ja materiaalia. Liitteissä olevissa taulukoissa (LIITE 6): 29 (luku 3.1), 30 (luku 3.3) ja 31 (luku 3.2) näkyy, miten olen pelkistänyt keskeiset asiat avainsanoiksi, jotka olen koonnut käsikarttaan (Kuvio 8, kappale 6.1.7).

Tavoitteet

Luonnontieteissä on tärkeää tietää tiedonhankintaprosessista (Hendersson 2005). Hendersonin (2005) mukaan on panostettava oppimisen tietorakenteisiin ja opetuksen sisältöön (Henderson 2005, 785). Tavoitteena on oppilaan ajattelun kehittäminen ja hallitseminen, jossa käytetään keinona ajattelun ja tunteiden tiedostamista (Hautamäki ym. 2002, 10). Oman ajattelun tiedostaminen on välttämätöntä käsitteen muodostamiselle (Rebello ym. 2004; 2005). Ajattelun kehittämiseen kuuluu myös se, että oppilaalle kerrotaan oppimisprosessista (Rauste von Wright ym. 2003). Fysiikan opetuksen tarkastelunäkökulma tulisi kohdistaa opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämiseen sekä myös tietoteoriaan (Rebello ym. 2005, 220). Tiedon ja tietämisen hallinta on luultavasti jopa oleellisempi taito kuin useiden yksittäisten tietojen ja taitojen hallitseminen (Sormunen 2004, 363-368). Opintojen pohtiminen voi vaikuttaa nykyaikaiseen käsitykseen luonnontieteistä tai niiden opetuksesta ja oppimisesta (Keinonen 2005, 183-189). Ne käsitykset, jotka kohdistuvat siihen, mitä he tekevät ja ajattelevat, liittyvät oivalluksena aistihavaintoihin (Lippmann 2003, 65-68). On hyvä laajentaa arkikäsitteen merkityssisältöä palauttamalla mieleen niitä yhteyksiä, joita oppilas siihen tuntee (Savinainen 2004).

Opetuksen tavoitteet näkyvät arvioinnissa, ja sitä tehdään kaikissa oppimisen vaiheissa: arvioidaan suhtautumista tietoon, ymmärtämiseen liittyvien käsitteiden asettamista, keskeisen lähestymistavan löytymistä jonkin ongelman ratkaisemiseen, oman osaamisen jakamista (Hakkarainen ym. 2005, 219).

Menetelmät

Opettajan tehtäväksi jää oppimisympäristön suunnittelu siten, että se edesauttaa sosiaalista vuorovaikutusta (Meri 1998, 42-44). Oppilaiden ryhmätyöskentely ja keskustelu ryhmässä edistävät oppimista (Gresser 2006, 103-104). Ryhmässä oppilaat tottuvat kysymään toisiltaan kysymyksiä, työskentelemään yhdessä, ohjaamaan keskusteluja tarkoituksenmukaisesti ja perustelemaan omalle oppilasryhmälleen vastauksensa (Gresser 2006, 103-104).

Ryhmäkeskustelun ja kysymysten on todettu edistävän ymmärtämistä (Beatty ym. 2006, 32-33).

Opettaja tarvitsee oppilaan oppimisprosessin tuntemiseksi tietoa oppilaiden ajatuksista. Oman ajattelun tiedostamista tarvitaan menestykselliseen ongelmanratkaisuun. (Enkenberg 2002, 162-163.) Tässä prosessissa on osansa myös tunneilmaisulla (Saari 1997; Juuti 2005; Beyer 1989). Opettajan tulee rohkaista oppilaita puhumaan ja ilmaisemaan mielipiteitään (Ahtee 1998, 145-146). Oppilaat tarvitsevat tilaisuuksia, joissa puolustaa omia väitteitään ja etsii heikkouksia toisten väitteistä (Ahtee 1998, 145-146). Luovan opiskeluilmapiirin tunnusmerkkejä ovat avoimuus ja kiirettömyys (Sahlberg ym. 1993, 28-31).

Tehtävät

Tehtävien lähtökohtana ovat ihmiseen ja arkielämään liittyvät aidot ongelmat (Rauste-von Wright ym. 2003, 163; Kiviahde 2005, 101-105). Opetuksessa otetaan huomioon oppilaiden tarpeet ja iän asettamat vaatimukset (Beatty ym. 2006, 32-33). Oppimateriaalin lähtökohtana tulisi olla nuorten oma maailma. Sen tulisi olla innostava, yhtenä keinoa voisivat olla tarinat (vrt. Keinonen 2005, 183-189.) Fysiikkaan tulisi liittää myös filosofisia kysymyksiä (Makkonen 2003, 113-114). Oppimisympäristön tulee antaa haasteita tiedon soveltamiseen (Enkenberg 2002, 163). Opiskelijat opetetaan ongelmanratkaisun menetelmiin, rakentamaan tietorakenteita ja löytämään oma-aloitteisesti ratkaisut neuvojen avulla. Hyvät opettajat opettavat refleктоivasti ja antavat opiskelijoille paljon palautetta. (Henderson ym. 2006, 59-65.)

Fysiikan opetuksessa tehtävien määräytyvät opetuksen tavoitteiden mukaan. Kun tavoitteena on itsenäinen ajattelu ja tiedon soveltaminen, tehtävissä tietoa tulee käsitellä useista näkökulmista. Tehtävien tulee olla monipuolisia, ymmärrystä vaativia, soveltavia ja aktivoivia (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22, 24-25). Kirjoittamista vaativat tehtävät edistävät oman ajattelun tiedostamista (Hakkarainen ym. 2005, 134-140). Oppilaiden ymmärtämistä voidaan arvioida oppimispäiväkirjasta ja itsearvioinnin avulla (Tynjälä 2000, 175-181). Avoin tehtävä tukee oppilaiden yhteisöllisyyttä (Kumpulainen 2002, 259).

Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta tekemässäni yhteenvedossa näkyy kokonaisvaltaisen fysiikan opetuksen piirteitä, jotka muistuttavat myös fysiikan valinnaiskurssini opetusta. Opettajan tieto on laaja, ja voidakseni vastata tutkimuskysymyksiini, minun pitää ottaa huomioon kaikki opettajan opetuksensa suunnitteluun tarvitsema tieto. Tämän tiedon hallinnassa käytän sisällönanalyysiä, jota teen luvussa 6.

4 Tutkimustehtävät ja niiden muotoutuminen

Tässä luvussa tarkastelen, miten tutkimuskysymykseni ovat muotoutuneet oman monivuotisen opettajakokemukseni ja kirjallisuuden pohjalta.

4.1 Omat kokemukset tutkimuksen lähtökohtana

Olen toiminut fysiikan opettajana yläkoulussa peruskoulun alusta lähtien ja havainnoinut fysiikan opetuksen ongelmia: joidenkin oppilaiden kiinnostuksen puutetta fysiikasta ja ymmärtämisen vaikeuksia. Olen pyrkinyt muuttamaan tilannetta uudistamalla opetusmetodeja. Kokeellisen työskentelyn prosessissa olen tarkastellut ensin ilmiötä, jotta käsite päästäisiin määrittelemään (Kärnä 1994). Olen tutkinut suggestopedisen opetusmetodin soveltuvuutta fysiikan opetukseen (Kärnä 1994). Oppilaita innostivat monipuoliset tehtävät ja tarinat, jotka ovat säilyttäneet osansa opetuksessani. Monipuolisessa opetuksessa käytetään kiinnostuksen säilymiseksi eri keinoja, kuten musiikkia, runoutta, taidetta, väittelyä ja keskustelua. Kun työskentelin oppikirjantekijänä, yksi tavoitteemme oli kirjoittaa kokonaisuuksia ja sisältöjä, jotka liittyivät tuttuihin arkielämän ilmiöihin (Kärnä ym. 1998a, 3). Tehtävissä lähtökohta oli mahdollisimman paljon oppilaiden oma maailma ja tehtävissä myös kartoitettiin oppilaiden ennakkotietoja käsiteltävästä ilmiöstä. Myös koulun kokeellisissa tutkimuksissa käytettävät arkielämästä tutut tutkimusvälineet, kuten pallo, muovailuvahat ja leikkiautot tuovat fysiikan opetusta lähemmäksi oppilaiden maailmaa. Oppilaiden arkielämään sijoitettuneiden tarinoiden oli tarkoitus auttaa käsitteenmuodostuksessa innostavalla ja elämyksellisellä tavalla. (Kärnä ym. 1996; 1997; 1998b; 1999.) Olen saanut oppilailta hyvää palautetta kurssien loppuarvioinneissa ja kuullut kommentteja ”fysiikka on hauskaa”, mutta on ollut myös kiinnostuksen puutetta ja siten kehittämistarpeita.

Huomasin, että vaikka fysiikan opetuksen tavoitteena oli innostunut, pohtiva ja keskusteleva oppilas, tavoitetta oli vaikea saavuttaa ilman oppisisällön monivaiheista kehittämistä. Oppilaita piti motivoida ja heihin piti luoda kontakti kysymällä esimerkiksi kuulumisia. Tämä tapa onkin Laursenin (2006) mukaan aidon, menestyvän opettajan ominaisuus (Laursen 2006, 19-30). Ratkaisuja opiskelijoiden kiinnostuksen herättämiseen olen etsinyt uudistamalla opetusta uudella lähestymistavalla, jonka olen valinnut sen mukaan, minkä uskon kiinnostavan oppilaita. Olen yleensä etsinyt aiheesta kosketuskohtaa heidän elämäänsä tai pyrkinyt osoittamaan aiheen hyödyllisyyden. Joskus on kiinnostavaa herätellä keskustelua filosofisista aiheista. Myös työtavan valinta vaikuttaa kiinnostukseen, oppilaita aktivoivat työtavat motivoivat heitä eniten.

Koulussani fysiikkaa opetettiin vuoteen 2005 asti seitsemännellä ja yhdeksännellä luokalla. Olin huomannut, että fysiikan tunneilla osa oppilaista pitää kaikenlaisesta filosofisesta keskustelusta, he esimerkiksi pohtivat ajan olemusta ja maailmankaikkeuden syntyä. Kiinnostavia keskusteluja syntyi esimerkiksi aiheista Onko aika ollut aina, Mitä jos kuu olisi yhtä suuri kuin Maa? (Kärnä ym. 1996, 65, 80-81). Näytti siltä, että fysiikan opetus voisi antaa oppilaille realistisemman maailmankuvan sen mekaanisen kuvan sijaan, joka välittyy kaavojen ja luonnonlakien perinteisestä opiskelusta. Omakohtainen maailmankatsomus muodostuu ajattelun ja pohdintojen kautta. Mielestäni fysiikan opetuksessa pitää antaa tilaa filosofisen ihmettelyn perinteelle. Opettajina teemme kasvatustyötä, ja jos emme ymmärrä, minkälaisia ovat ihmisen ajattelu- ja tunneprosessit tai mitä nykytiede sanoo todellisuudesta, olemme opetuksessa joskus vaikean haasteen edessä.

Kokemukseni mukaan fysiikan opetuksen ongelmiin voisi auttaa opetussuunnitelmien tavoitteiden mukainen vuorovaikutteinen ja tutkiva opetus, joka lähtee oppilaan kiinnostuksen kohteista. Koen, että keskustelu oppilaiden kanssa arvoista ja asenteista voi vaikuttaa siihen, että opettajalla ja oppilaalle muodostuu hyvä, luottamuksellinen ja vuorovaikutteinen suhde. Tämä lisää oppilaan kiinnostusta myös muuhun opiskeltavaan tietoon ja edistää siten oppimista. Minua alkoi kiinnostaa tutkia, mistä kaikesta oppilaiden elämään liittyvästä ja heitä kiinnostavista aiheista voidaan keskustella fysiikan oppiaineen puitteissa ottaen huomioon myös koulun kasvatustavoitteet. Kysymyksen Miten fysiikka vastaa ihmisten kysymyksiin elämästä ovat tehneet myös Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 3).

Sain uuden haasteen, kun vuoden 1999 opetussuunnitelma astui voimaan. Siinä fysiikan opetuksen tavoitteet oli mainittu tarkasti. Kolmannes tavoitteista oli arvo- ja asennetavoitteita, joiden oletettiin toteutuvan (kappale 6.1.4). Nämä arvot vastasivat omaa kuvaani siitä, mitä halusin oppilaille välittää. Ne ovat kestävän kehityksen arvoja, joihin kuuluu kunnioitus toista ihmistä ja luontoa kohtaan. Itse kunnioitan jokaisen oppilaan erilaista viisautta. Pyrin auttamaan, että oppilas näkee omat mahdollisuutensa vaikuttaa positiivisesti elämäänsä. Näen itseni fysiikan opettajana ja myös kasvattajana (vrt. McNiff 1995, 13-17). Omasta maailmankuvastani ja tutkimukseni paradigmoista kerron tarkemmin luvussa 5.4. Vuoden 1999 opetussuunnitelmassa arvo- asennetavoitteiden tarkka toteutumistapa jäi minulle epäselväksi. Kysymyksenä tuli esiin, miten koulun opetus- ja kasvatustavoitteet voidaan toteuttaa fysiikan oppisisällöissä? Onko tarpeen tuoda fysiikan tunneille uudenlaista aineistoa vai toteutuvatko arvo- ja asennetavoitteet fysiikan perusoppiaineen sisältöjen kautta? Kehitin kouluun fysiikan valinnaiskurssin, jossa minulla oli tilaa ja aikaa tutkia ongelmaa. Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssin lähtökohta, tavoitteet ja sisältö liittyivät fysiikan opetukseen.

4.2 Opettaja opetussuunnitelmaa toteuttamassa

Fysiikan valinnaiskurssia kehittäessäni jouduin tarkasti perehtymään opetussuunnitelmiin. Tavoitteeni oli kehittää fysiikan oppikurssi, jossa kaikki opetussuunnitelmien tavoitteet toteutuvat. Olin ollut oman kouluni, erityisesti vuoden 1994, opetussuunnitelmatyössä mukana, ja se oli oppimisprosessi, joka vaati uudenlaista yhteistyötä muiden opettajien kanssa (Anon. 1994). Opettaja voi oppia paljon oppiaineensa tiedosta, kasvatusprosessista ja opettamisesta opetussuunnitelmaa suunnitellessaan, toteuttaessaan ja arvioidessaan. Opetussuunnitelman toteutuminen on oppilaan ja opettajan vuorovaikutusta opettamisen kautta. Malinen (1992) jakaa opetussuunnitelman tekstiin ja prosessiin. Teksti on opetussuunnitelman sisältöä, johon meillä on erityisesti kiinnitetty huomiota, ja prosessi puolestaan dynamiikkaa: sitä, miten asiat tehdään ja miten ne toimivat ja ennen muuta miten ne näkyvät koulun arjessa.

Vuoden 1994 peruskoulun opetussuunnitelmauudistuksen keskeisenä ajatuksena oli koulujen vastuun ja määräysvallan lisääminen opetussuunnitelman laatimisessa ja koulun kehittämistä koskevassa päätöksenteossa (POPS 1994). Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa määritellään vain yleiset kehykset. Niiden perusteella koulun tuli kyetä määrittämään, miten yksittäisessä koulussa opetus ja oppiminen on järjestetty ja millaisten yhteisten arvojen, käsitysten ja tavoitteiden suunnassa koulun kasvatusta toteutetaan.

Tämä opetussuunnitelmauudistus on aikaisempia uudistuksia näkyvämmiin muuttanut opettajan työn kuvaa tuoden siihen enemmän yhteistä suunnittelua ja päätöksentekoa, yhteyksiä vanhempiin ja ympäröiviin yhteisöihin, arvioinnin kehittämistyötä, keskustelua ja koulun omaleimaisuuden etsimistä (Syrjäläinen 1994, 10-55). Opetussuunnitelmista keskusteleminen oli opettajille uutta, ja se edellytti asioiden pohtimista toisen opettajien kanssa. Tämän toivottiin lisäävän opettajien sitoutumista, kehittävän ammatillista keskustelukulttuuria ja parantavan työn mielekkyyttä.

Opetussuunnitelmauudistuksen kansainvälinen arviointiryhmä havaitsi myös, että opettajat ja koulut eroavat suuresti toisistaan. Koulut toimivat suurin piirtein samojen mallien mukaan, mutta kuitenkin toiset koulut menestyvät paremmin kuin toiset (Sahlberg 1997a, 189). Sahlberg (1997a) on sitä mieltä, että kyse on opettajan toiminnasta, hänen suhteestaan opetussuunnitelmaan, hänen uskomuksistaan koskien oppimista ja opetusta (Sahlberg 1997a, 190-203). Tämän perusteella on syytä olettaa, että sisällöllisten uudistusten toteutuminen on vaikeaa, jos opetussuunnitelmatyölle ei kouluissa ole olemassa yhteistä päätöksenteko- ja toimintakulttuuria. Tämän vuoksi opetussuunnitelman muuttaminen toimivaksi käytännöksi on ollut kouluille varsin haasteellinen tehtävä. (Willman, 2001, 23-24.)

Opetustyö sujuu koulussa kyllä ilman tarkkaa opetussuunnitelmaan perehtymistä. Salmio (2004) toteaa, että yleensä koulut työskentelevät hyvin käytännöllisesti, eikä niiden toiminnassa opetussuunnitelmateoria näy juuri millään tavalla. Opettajat eivät koe tarvitsevänsä opetussuunnitelmateoriaa ja he tekevät koulujen opetussuunnitelman usein ilman teoreettista asiantuntemusta. He kokevat, että opetussuunnitelman perusteista saadaan riittävä ohjeistus. Varsinkin aineenopettajien on usein vaikea nähdä opetussuunnitelma kokonaisuutena, sillä heidät on koulutettu näkemään siitä vain oman oppiaineensa osuus. Tällöin on vaarana, että opetussuunnitelman palat eivät koskaan yhdisty oppilaiden mielissä, vaikka ne yhdistyvät tuntijaossa ja opetussuunnitelmapolitiikassa. (Salmio 2004, 97, 66.) Opettajasta ja koulun opetuskulttuurista riippuu, miten opetussuunnitelma realisoituu koulun todellisuudessa.

Opettajan tehtävä on paitsi toteuttaa opetussuunnitelmaa myös jatkuvasti kehittää sitä. Hänen tulee myös arvioida opetussuunnitelman toteutumista ja opetussuunnitelmaan liittyviä muutostarpeita. Tämä edellyttää yhteistä keskustelua ja siitä syntyvää yhteistä käsitystä opetussuunnitelman edustamista arvoista, ihmiskäsityksestä ja oppimiskäsityksestä sekä mahdollisuutta arvioida näiden käytännön toteutumista.

Jauhiainen (1995) tutki, mitä muutoksia opettajassa tapahtuu opetussuunnitelmatyössä. Hän pelkistää tulokset neljään ammatillisen kehittymisen ilmenemismuotoon: 1) opettajan toiminta laajenee ja kehittyy laadullisesti, 2) opettajien välinen yhteistyö kehittyy, 3) omaa työtä kehittävä ja tutkiva ote voimistuu ja 4) opettajan tietoinen reflektiivinen toiminta syvenee ja laajenee. Näiden tulosten perusteella korostuu tiettyjä opettajuuteen liittyviä piirrettä: opettajan työssä eettisyys ja tutkiva työskentelyote lisääntyvät ja opettajayhteisön jäsenten keskinäinen vuorovaikutus muuttuu. Myös vastuu ja huolenpito oppilaasta ohi oppiaineen oppimisen voimistuvat. Tämä ja koulun yhteisten tavoitteiden merkityksen kasvaminen näyttävät muuttavan opettajan työtä aiempaa kasvatuspainotteisemmaksi. (Jauhiainen 1995, 183-188.)

Luopuminen oppiainekeskeisyydestä vastaa Jauhiaisen (1995) mukaan laaja-alaista työorientaatiota, joka on opettaja-asiantuntijuuden yksi piirre. Tällöin opettajalla on kyky nähdä opetus- ja kasvatustilanteet osana suurempaa kokonaisuutta. (Jauhiainen 1995, 183-

188.) Hoitaakseen monet erilaiset kasvatukselliset ja pedagogiset tehtävänsä ja opetuksen, opettajalta edellytetään mitä moninaisimpia tietoja ja taitoja. Olennaista on opettajan jatkuva oma kehitys työssään. Toimiessaan opetuksen edistäjänä opettajalla on oltava yleistä kasvatuksellista ymmärrystä, jonka hän on hankkinut toisaalta koulutuksen, toisaalta itseopiskelun ja elämäkokemusten avulla. Opettajan pedagogista toimintaa ohjaavat koulutuksen ja kokemuksen pohjalta muotoutunut käyttötieto, käyttöteoriat, jotka koostuvat yleensä kasvatukseen, opetussuunnitelmaan, opetukseen ja oppilaaseen liittyvistä tiedoista ja ymmärryksestä (Shulman 1986). Opetussuunnitelman prosessoiminen on opettajalle ja opettajayhteisölle vaativaa. Samalla se tarjoaa opettajalle hyvät mahdollisuudet ammatilliseen kehittymiseen. Prosessi on sidoksissa opettajan omaan harkintaan ja ajatteluun. Opettaja on opetussuunnitelman aktiivinen merkityksenantaja ja tulkitsija. (Kosunen & Huusko 2002, 205-206.)

Omassa työssäni olen kokenut edellä kuvatun opetussuunnitelmatyön moninaisuuden (vrt. Jauhiaisen 1995; Kosunen & Huusko 2002). Opettajan persoonallisuus on hänen työkalunsa, ja sen kehittäminen kehittää häntä myös opettajana. Olin opettajana kehittynyt tutkimaan ja refleктоimaan omaa opetustani. Halusin tulla tietoisemmaksi omista opetuskäytänteistäni. Opettaja-tutkijana pidän tämän tutkimuksen tekoa merkittävänä ammatillisen kasvun tapahtumana itselleni. Opetukseni oli muotoutunut kokemuksesta vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa. Olin myös perehtynyt opetussuunnitelman lisäksi jonkin verran uusiin tutkimustuloksiin oppimisesta. Tämän tiedon pohjalta kehitin fysiikan valinnaiskurssin. Suuri elämys on ollut havaita, miten oma 'hiljainen tieto' ja intuitio vastaavat tutkimusprosessissa vastaan tullessiin uusiin tutkimustuloksiin.

Näkökulmani oli kasvanut laaja-alaiseksi, ja aloin pohtia, miten koulun kasvatustavoitteet toteutuvat myös fysiikan oppitunneilla. Opetushallitus oli antanut kouluille uuden opetussuunnitelman (1999), jossa kasvatuksen ja opetuksen tavoitteet kerrottiin yksityiskohtaisemmin kuin oman koulumme aiemmin työstämässä vuoden 1994 opetussuunnitelmassa. Tutkimukseni aikana koulussani työstettiin uutta opetussuunnitelmaa (2004). Tutkimukseni on osaltaan vaikuttanut koulumme opetussuunnitelmaan erityisesti aihekokonaisuuksien osalta.

4.3 Fysiikan valinnaiskurssin hahmottuminen

Tässä luvussa käsittelen, miten fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaali alkoi muodostua edellisissä luvuissa esittämäni kokemuksen ja opetussuunnitelman sekä kirjallisuuden pohjalta. Tavoitteenani oli kehittää valinnaiskurssi, joka laajentaa perinteisen fysiikan opetuksen näkökulmaa ja toteuttaa kokonaisvaltaista fysiikanopetusta, jossa pyritään toteuttamaan arvo- ja asennekasvatusta, koulun kasvatustavoitteita sekä nykyaikaisen maailmankuvan rakentumista. Kokeilin ja arvioin valinnaiskurssilla, miten näitä tavoitteita voidaan toteuttaa fysiikan opetuksen sisältöjen kautta. Tavoitteenani oli tuoda kokeiltua ja arvioitua aineistoa fysiikan perusopetukseen. Toteutin kurssin koulussani Peltolan yläasteella Vantaalla lukuvuonna 2001-2002.

Perehdyin kirjallisuuteen, joka auttaisi tutkimusongelman ratkaisussa. Opiskelin tieteen filosofiaa, modernia fysiikkaa, fysiikkaa koskevaa populaarikirjallisuutta ja oppilaan tuntemusta, mm, tunneteorioita. Matematiikan, fysiikan ja kemian valtakunnallisessa tutkijakoulussa ja fysiikan laitoksen opetuksen tutkimusseminaareissa tutustuin

tutkimusmenetelmiin ja opetuksen tutkimukseen. Erityisesti perehdyin maailmankuvan muodostumista ja motivointia koskeviin määritelmiin ja tutkimuksiin sekä tiedon käsitykseen (Hoffmann 1997; Virrankoski 1996; Korventausta 2001; Niiniluoto 1984; 1994). Kun selvitän seuraavassa oppimateriaalin luonnetta, perustelen joitakin ajatuksiani tutkimuksilla, joihin olin perehtynyt, kun valmistelin valinnaiskurssia. Varsinaisesti fysiikan valinnaiskurssin aineiston tavoitteiden ja sisältöjen perusteluja esitän myöhemmin (kappaleet 6.2.1 ja 6.2.2).

Valitsin valinnaiskurssin kohteeksi yhdeksännen luokan oppilaat, joilla oli enemmän kykyä ja halua pohtia asioita kuin seitsemäsluokkalaisilla (Vygotski 1982, 149). Olin myös kiinnostunut nuoren kokonaisvaltaisesta kohtaamisesta ”tunne-myrskyineen”. Murrosikäinen on kehittymässä aikuiseksi ja pystyy kuvaamaan ajatuksiaan ja mielialojaan eri tilanteissa ja alkaa olla tietoinen ihanteistaan ja päämääristään. Koulussa voidaan auttaa nuorta kehittämään hallinnan tunnettaan antamalla hänelle käsitteitä itsen prosesseille, auttamalla häntä ymmärtämään syy- ja seuraussuhteita ja kehittämään päättelytaitoja (Keltikangas-Järvinen 2001, 109-119, 136-181, 238-240).

Pidin tärkeänä, että fysiikan aiheet kiinnostaisivat oppilasta ja liittyisivät oppilaan elämään, jotta opettaja kohtaisi oppilaan (vrt. Makkonen 2003). Silloin, kun kasvatus määritellään tietoisuuden rakentamisena, kriittisen konstruktivisen tutkijan täytyy huomioida koulun lisäksi kansanviisaus ja massakulttuuri (Kincheloe 2003, 217). Tyttöjen kiinnostus fysiikkaa kohtaan on erityisesti herättänyt keskustelua. Tutkimuksen mukaan tyttöjen kiinnostus luonnontieteitä kohtaan vähenee ylemmille luokille siirryttäessä (Hoffmann 1997). Yhtenä selityksenä voitaneen nähdä, että murrosiässä sukupuoli-identiteetti alkaa rakentua.

Valinnaiskurssia kehittäessäni olen ottanut huomioon, että oppilaita kiinnostavat omaa itseä, luontoa ja maailmankaikkeutta koskevat filosofiset ja ajankohtaiset kysymykset (Hoffmann 1997; Kumar & Brown 1999). Nämä kiinnostuksen kohteet näkyvät mm. Helsingin Sanomien nuorten osaston kirjoituksista.

” ... Kuka voi rehellisesti väittää ymmärtävänä maailmaa? Tai varsinkaan avaruutta? Mistä siinä on kyse? Mikään ei ole loputonta. Itse olen sitä mieltä, että avaruus eri ole loputon, vaan avaruuden jälkeen alkaa täysin toinen ulottuvuus... Eikö meri ja luonnonvoimat ole vahvempia kuin ihmiset? Kaikki katastrofit ovat luonnolta muistutuksia ihmiselle, mutta sitä ei ymmärretä. Liian moni elää harhaluuloissaan. Ei ole itsestään selvyyttä, että olemme täällä.” (HS 2002).

Jotta oppilaan kiinnostus heräisi, opettajan tulee luoda oppimisympäristö, joka tukee oppilaiden henkilökohtaista kasvua. Tehtävien aihepiiri voisi liittyä oppilaiden henkilökohtaiseen elämään, ihmissuhteisiin, harrastuksiin, terveyteen. Tehtävissä voisi olla filosofisia kysymyksiä koskien maailmankaikkeutta ja tieteen rajoja. Fysiikan aineisto tulisi sitoa yhteiskuntaan ja kulttuuriin.

Kurssin kehittämisessä käytin opetusmateriaalia, jonka lähtökohtana on ihminen. Kiinnostava aineisto rohkaisee oppilaita ilmaisemaan mielipiteitään ja siten auttaa heitä kehittämään itsetuntemusta ja vuorovaikutustaitoja. Materiaalin tavoitteena oli myös laajentaa maailmankuvaa. Maailmankuva muodostuu kaikesta siitä, miten me ymmärrämme todellisuuden oma olemassaolomme mukaan luettuna. (vrt. Niiniluoto 1994, 144). Aineiston tuli antaa opetukselle uutta sisältöä, jonka näkökulma on monitieteellinen.

Paras työtapo filosofiseen aiheeseen johdattelussa on keskustelu, mutta myös sanallisia ja toiminnallisia tutkimuksia ja kokeiluja voi tehdä. Oppiminen tapahtuu parhaiten, kun keskustelu on tasapainoisesti opettaja-johtoista ja dialogista (Viiri & Saari 2004). Dialogisessa

keskustelussa oppilaat kertovat mielipiteitään. Keskustelu on keskeinen osa vuorovaikutteista fysiikan opetusta. Fysiikan tunneilla voidaan keskustella ilmiöstä, käsitteistä, pohtia mittaamistapaa, miettiä johtopäätöksiä ja sovelluksia sekä kasvatuksellisia ja maailmankatsomuksellisia aiheita. Keskustelulla on merkitystä oppimistilanteessa oppilaiden ja opettajien käsitysten esiintuomisessa ja tiedostamisessa (Hogan ym. 1999; Saari 1997). Ongelmalähtöinen lähestymistapa toimii keskustelun virittäjänä. Fysiikan valinnaiskurssin kurssimateriaaliksi valitsin väitteitä ja kysymyksiä, joiden tarkoitus on herättää oppilaiden mielenkiinto ja oma ajattelu. Kurssilla myös opeteltiin tieteen loogista tapaa vastata väitteisiin. Ongelmakeskeinen lähestymistapa on hyvä myös kokeellisessa fysiikanopetuksen työskentelyssä ja sitä esiintyy oppikirjoissa (mm. Kärnä ym.1996; 1998b).

Fysiikan valinnaiskurssin suunnittelussa tarkastelin monitieteellistä kirjallisuutta, tutkin fysiikan filosofiaa ja luonnetta, esimerkiksi lukion fysiikan opetukseen tehtyä filosofista aineistoa (Säily 2000). Pohdiskeleva, helppotajuinen populaarikirjallisuus soveltui yläkoululaisille. Heisenbergin mukaan jokaiseen fysiikan teoriaan liittyy fysikaalisia ja filosofisia oletuksia enemmän kuin tosiseikoista ilmenee (Heisenberg 1958/2000,12). Ajankohtaiset ajatukset ja selitykset modernista fysiikasta tuovat klassiseen koulufysiikkaan totuudellisemman kuvan maailmasta (Greene 2000; Enqvist 1998; 2005; Kaku 1996; Laurikainen 1997; Feynman 2002). Kvanttifysiikka innoittaa eri tieteitä, ja sitä on alettu soveltaa myös ihmiseen ja hänen DNA:han ja psykologiaan. Muun muassa biologi Wilson etsii kaikkien tieteiden yhtenäisteoriaa, ja hänen mukaansa luonnon lakien ja ihmisen ajatusprosessien fysikaalisen perustan yhteys tiivistyy (Wilson 2001). Fysiikan valinnaiskurssin suunnittelussa sain ideoita myös NLP:sta (*neurolinguistic programming*), joka on teoria siitä, miten ihmisen mielen kanssa voi työskennellä (Andreas 1987). Sovelsin kurssiaineistoa edellä mainituista julkaisuksista saamaani tietoon ja pitkän opettajaurani tuomaan kokemukseen. Myös peruskoulun oppikirjantekijänä saamani kokemus auttoi.

Fysiikan filosofia ja modernin fysiikan aiheet antavat uusia näkökulmia oppilaan maailmankuvan rakentumiselle. Kokonaiskuva maailmasta syntyy, kun fysiikan opetukseen sisällytetään perinteisen oppiaineen lisäksi seuraavia aiheita: klassisen fysiikan rajojen pohdintaa, käsitteiden merkitysten ja vuorovaikutusrakenteiden analysointia, modernin fysiikan tutkimuksia ja pohdintaa esimerkiksi kvantti- ja suhteellisuusteoriasta, materian rakenteesta sekä käsityksiä energiasta. Energian ja materian olemusta voidaan tarkastella myös ihmisen kannalta. Näihin aiheisiin liittyy ontologisia ja episteemisiä kysymyksiä olemassaolosta ja tiedon luonteesta.

Filosofiset näkökulmat fysiikan ilmiöihin ja käsitteisiin lisäävät keskustelua oppitunneilla. Halusin käyttää enemmän oppilaita aktivoivia opetusmenetelmiä ja vuorovaikutteisia työtapoja, järjestää oppilaille mahdollisuuden keskusteluihin ja välittää heille oman fysiikkaa kohtaan tunteita tutkimisen asenteeni, mikä vastaa myös fysiikan luonnetta. Oppilaiden oli hyvä myös antaa itse vaikuttaa kurssin sisältöön, ja heidät pystyi ottamaan mukaan opetuksen suunnitteluun.

Fysiikan oppiaineen aiheita, jotka liittyvät myös ihmisen toimiin ja joita voidaan tarkastella filosofisesti ja monista näkökulmista, ovat havainnointi ja vuorovaikutukset. Vuorovaikutus on keskeinen käsite peruskoulun fysiikassa, ja sitä voidaan tarkastella ihmisen kontekstissa, sillä esimerkiksi keskustelu, mielipiteiden ja tunteiden ilmaisu ovat ihmisten välistä vuorovaikutusta. Tunteet ovat läheisessä suhteessa ajatteluun eikä ihmissuhteisiin liittyviä arvoja voi oppia ilman tunteita ja elämyksiä (Puolimatka 2004, 126). Tunteilla on aivojen

toiminnassa keskeinen rooli, informaation vastaanottaminen ja ymmärtäminen tapahtuu tunteen kautta (Tamminen 2004, 62-67).

Luonnontieteellinen tutkimus perustuu havaintojen tekemiseen. Ennen kuin tutkija järjestää mittaustilanteen, hän on havainnoinut ilmiötä, tehnyt siitä tulkintoja ja olettamuksia aikaisempien tietojensa perusteella. Lopuksi hän järjestää tulokset säännöksi. Havaintojen tekemistä pidetään tutkimusprosessissa perustason taitona, josta fysiikan opetus alakoulussa lähtee. Havaintojen tekemistä voi myös opiskella kuten ajatteluakin, se kehittyy ”fysiikan kielen” oppimisen mukana ja siksi sitä pitää opettaa myös yläkoulussa. Opettaja voi opettaa oppilaat tulemaan tietoisiksi siitä, mitä he näkevät ja miten he tulkitsevat näkemäänsä. Havainnointia ohjaavat tunteet vaikuttavat siihen, mitä näemme ja kuulemme, minkälaisena näemme ympärillämme olevan todellisuuden. Tunteet auttavat rakentamaan näkemyksen maailmasta ja määrittelevät maailman olennaiset piirteet. (Puolimatka 2004, 126.)

Edellä olevan perusteella tein fysiikan valinnaiskurssin käsikirjoituksen (Kärnä 2001), jossa oli seuraavia aiheita: havainnointi, tieteellinen totuus, olioiden olemassaolo-sanojen merkitykset, historiallinen tutkimus, vuorovaikutukset, energia, luonnonlait, valo-dualismi, kaaos, omat tutkimukset. Fysiikan oppiaineeseen liittyy oppilaita kiinnostavaa arvoihin, asenteisiin ja maailmankuvaan liittyvää aineistoa, mitä voidaan pienessä määrin toteuttaa perusoppitunneilla, mutta laajemmin valinnaiskurssilla. Uudet näkökulmat tehtävissä laajentavat perinteisen fysiikan sisältöjä.

4.4 Tutkimustehtävät ja tutkimuksen toteutus

Fysiikan opetuksen tutkimukseni tutkimuskysymykset nousivat käytännön työssä fysiikan opettajana (vrt. Carr & Kemmis 1997, 165-166) ja kehittyivät fysiikan valinnaiskurssin aineiston suunnittelun ja empiirisen tutkimuksen pohjalta. Tutkimuskysymykset voivat kehittyä tutkimuksen edetessä, koska tarkkaa kuvaa ratkaisusta ei ole, joten vaaditaan tarkempaa tilanteen analyysiä ja alkuperäinen idea voi myös muuttua (Carr & Kemmis 1997, 162-163). Toimintatutkimuksessani toimin oman työni kehittäjänä ja päämääräni oli opetukseni parantaminen. Tutkimuskysymykseni muodostuivat käytännön työssäni tarpeistani toteuttaa opetuksessani kaikkia opetussuunnitelmassa mainittuja tavoitteita, jotka vastasivat kasvatusarvojani (vrt. McNiff & Whitehead 2006, 19). Koulun kasvatustavoitteiden ja fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteiden toteutumisesta fysiikan sisältöjen kautta ei ole tarpeeksi tutkimustietoa. Tutkimusprosessiani kuvaan luvussa 5 ja arvion luvussa 8.4.

Tutkimukseni tarkoituksena on löytää uusia näkökulmia fysiikanopetukseen. Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa huomioidaan koulun opetus- ja kasvatuksellisten tavoitteiden toteutuminen. Tutkin myös, mitä kaikkea opettajan tarvitsee huomioida suunnitellessaan ja toteuttaessaan kokonaisvaltaista fysiikanopetusta. Etsin fysiikkaan oppisisältöjä, jotka antavat aineksia nykyaikaisen maailmankuvan muodostamiseen, kasvatustavoitteiden toteutumiseen ja auttavat tiedostamaan arvoja ja asenteita. Vastaan muun muassa kysymykseen Miksi koulun yleisiä kasvatustavoitteita kannattaa ”opettaa” fysiikan tunneilla?

Tutkimuksessani kehitin fysiikan opetukseen lisämateriaalia, jonka näkökulmat auttavat edellä mainittujen kasvatustavoitteiden toteutumisessa. Tutkimukseni kuuluu didaktiseen

fysiikkaan ja kehittää fysiikan opetusta. Määritän kokonaisvaltaiseksi fysiikanopetuksi opetuksen, joka toteuttaa kaikkia fysiikan opetuksen tavoitteita.

Tutkimukseni jakaantuu kahteen osaan: teoriaosaan, jossa suunnittelen fysiikan valinnaiskurssia ja empiiriseen osaan, jossa toteutan kurssin. Tutkimustehtävän kysymykset muotoutuivat seuraaviksi kolmeksi tutkimuskysymykseksi. Ensimmäinen kysymys koskee fysiikan opetuksen sisältöjä, toinen kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen kuuluvia asioita ja kolmas kokemuksia fysiikan valinnaiskurssin toteutumisesta.

Kurssin suunnittelu

1. Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteet toteutuvat?

a. Minkälaiset näkökulmat laajentavat fysiikan opetusta toteuttamaan koulun kasvatustavoitteita?

b. Miten Ihmisenä kasvaminen -aihekokonaisuus saadaan liittymään fysiikan opetukseen?

c. Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet toteutuvat?

d. Miten peruskoulun fysiikan oppiainesta voidaan laajentaa niin, että se antaa aineksia realistisen nykyaikaisen maailmankuvan muodostamiseen?

Mistä kaikesta fysiikan oppitunneilla voidaan keskustella?

Mitä kaikkea fysiikan oppitunneilla voidaan tutkia?

2. Mitä seikkoja fysiikan opettaja joutuu ottamaan huomioon opetuksensa kokonaisvaltaisessa suunnittelussa?

Kurssin toteutuminen

3. Miten oppilaat kokivat valinnaiskurssin?

a. Miten oppilaiden maailmankuvan rakentuminen näkyy oppilaiden diskursseissa?

Fysiikan valinnaiskurssi yhdeksäsluokkalaisille toteutui Peltolan koulussa Vantaalla yhden jakson aikana lukuvuonna 2001-2002, vuodenvaihteessa. Kurssi sisälsi 36 oppituntia, 4 tuntia viikossa, kaksoistunti kahtena päivänä. Kurssille osallistui 12 oppilasta, 2 poikaa ja 10 tyttöä. Peltolan koulu on Vantaan suurin yläaste, jossa oppilailla on ollut laaja ns. valinnaisainetarjotin, mikä mahdollisti kurssin toteutumisen yhtenä lukuvuotena.

Tutkimuksen kulku

Tutkimusaineiston keräämistapoja olivat oppilaiden kirjalliset palautteet ja arvioinnit kurssista (4 kpl), oppilaiden ja opettajan oppimispäiväkirjat sekä videointi. Tässä tutkimuksessa raportoin oppilaiden palautteista tekemästani analyysistä ja opettajan päiväkirjasta. Videointi ja siinä esiintyvien keskustelujen kirjaaminen ja lukeminen sekä oppilaiden päiväkirjat antoivat minulle taustatietoa valinnaiskurssista, jonka perusteella pystyn kuvaamaan ja arvioimaan sitä paremmin kuin muistitiedosta.

Oppilaat kirjoittivat opettajalle kokemuksistaan kurssista 4 kertaa. Alussa oppilaat ilmaisivat odotuksensa kurssilta ja kertoivat taustoistaan. Kurssin keskivaiheilla he kirjoittivat kirjeen ystävälle: Millaista on olla Luonnonfilosofiaa–valinnaiskursilla? Kurssin lopussa oppilaat kirjoittivat kirjeen kahdeksaluokkalaiselle, joka on valitsemassa valinnaisainetta itselleen. Silloin oppilaat saivat myös antaa palautetta opettajalle osittain ohjatun paperin kautta. Vuoden päästä kurssista oppilaat kirjoittivat opettajalle kirjeen, jossa kuvasivat kurssin merkitystä (LIITE 2).

Valitsin oppilaiden palautteeksi kurssilta kahdesti vapaamuotoisen muille kuin opettajalle osoitetun kirjeen, koska silloin heillä oli mahdollisuus vapaasti ilmaista mielipiteitään ja tunteitaan sekä tuoda esille omia ehdotuksia. Näin sain heidät osallistumaan paremmin kurssin suunnitteluun ja toteutumiseen, mikä tutkimuksen mukaan auttaa myös oppimisessa. Patrikaisen ja Myllerin (2002) mukaan tuloksellinen tapa ohjata oppilasta on suunnitella, toteuttaa, reflektoida ja arvioida opiskelu- ja oppimisprojekteja yhdessä hänen kanssaan. Näin voidaan auttaa oppimaan oppimisen taitojen omaksumista ja edetä kohti itse-ohjattua oppimista, jonka edellytys on oppilaan itsearviointitaidot. Niihin sisältyvät omien tunteiden, ajatusten, toimintatapojen ja oppimisen reflektiivinen tarkastelu, näiden jäsentynyt arviointi suhteessa tavoitteisiin sekä suorituksen perusteella tapahtuva oman kasvu- ja oppimisprosessin metakognitiivinen säätely ja ohjaaminen. (Patrikainen & Myller 2002, 183.)

5 Tutkimusmenetelmät ja tutkimusprosessi

Tein tutkimuksen toimintatoimituksena, kun olin opettaja-tutkija fysiikan opetukseen kehittämälläni fysiikan valinnaiskurssilla. Opetuksen suunnitteluun tarvittavan tiedon analyysissä käytin sisällönanalyysiä ja käsitekarttoja. Sisällönanalyysiä käytin myös oppilaiden kirjallisten palautteiden analyysiin. Luvun lopussa on arvioita opettaja-tutkijan käytännön tiedosta ja tutkimuksen paradigmat, jotka vaikuttavat työskentelyyni.

5.1 Toimintatutkimus

Ensin tarkastelen yleisesti toimintatutkimusta, jossa opettaja on oman työnsä tutkijana ja sitten omaa toimintatutkimustani.

5.1.1 Toimintatutkimus tutkimusmenetelmänä

Toimintatutkimus ei Heikkisen ja Jyrkämän (1999) mukaan ole niinkään tutkimusmetodi, vaan kyseessä on väljä tutkimusstrateginen lähestymistapa, joka saa sisältönsä pitkälti kulloiseltakin kohdealueeltaan (Heikkinen & Jyrämä 1999, 35). Tarkastelen toimintatutkimusta, jossa opettaja toimii oman työnsä tutkijana. Valitsin tutkimusmenetelmäksi toimintatutkimuksen, koska se sopii tavoitteisiini ja tapaani tutkia opetustani, jossa pyrin saamaan tietoa toiminnastani opettajana (vrt. Stringer 2004, 3-4). Toimintatutkimuksessa tutkija käsittelee tietoa, tekee synteesiä, yleistää ja tulkitsee monimutkaisia tilanteita (Kincheloe 2003, 52). Opettajat voivat saavuttaa tutkijana syvempää tietoa kuin ulkopuolinen, kun he oppivat tutkimaan omaa työtään (Kincheloe 2003, 17-18), koska opettajat tutkijoina pyrkivät ymmärtämään tutkimisen ja tiedon hankinnan monimutkaisen prosessin (Kincheloe 2003, 5-6).

Toimintatutkimuksen kaksi keskeistä tavoitetta ovat kehittäminen ja vaikuttaminen. Toimintatutkimus rohkaisee opettajaa tarkastelemaan omaa työtään tarkoituksena muuttaa opetuksen laatua (Elliot 1991, 49) ja kehittää käytäntöjä opetuskokemuksensa pohjalta (McNiff 1995, 1; McNiff & Whitehead 2006, 12). Toimintatutkimus on itsearviointiin perustuvaa tutkimusta, jonka tarkoitus on parantaa osallistujien, opettajan ja oppilaiden, opetuskäytäntöjä ja niiden ymmärrystä opetustilanteissa (Carr & Kemmis 1997, 162).

Toimintatutkimuksella on Carrin ja Kemmisen (1997) mukaan kolme tärkeää luonnetta: osallistuva rooli, demokraattisuus ja vaikutus tiedon kehittymiseen (Carr & Kemmis 1997, 163-164). Heikkinen ja Jyrämä (1999) toteavat vertailtuaan suuren määrän toimintatutkimuksen määritelmiä toimintatutkimuksen ajatuksen kiteytyvän seuraaviksi avainsanoiksi: reflektiivisyys, tutkimuksen käytännönläheisyys, muutos sekä ihmisten osallistuminen. Toimintatutkimuksen toteuttaja tulkitsee sosiaalista tilannetta omasta näkökulmastaan käsin, ei puolueettomana havainnoijana, joka tarkkailisi etäältä ihmisyyhteisön toimintaa. Tyypillinen toimintatutkimuksen tekijä on opettaja, joka kehittää omaa työtään. (Heikkinen & Jyrämä 1999, 36, 40, 46.) Toimintatutkimus on tavallaan demokraattisten periaatteiden esiintuomista. Se sallii osallistujien vaikuttaa oman elämänsä olosuhteisiin ja työhönsä ja yhteisesti kehittää sosiaalisten olosuhteiden kritiikkiä. (Carr & Kemmis 1997, 163-164.) Kriittisen tutkijan peruspäämäärä on muutos (Kincheloe 2003, 47). Toiminnan arviointiin tarvitaan historiallinen ja sosiaalinen aspekti. Toimintatutkimuksessa saadut tulokset ovat totta siinä sosiaalisessa ja historiallisessa kontekstissa, jossa ne ovat syntyneet. (Carr & Kemmis 1997, 182.)

Toimintatutkimuksen määritelmiä yhdistää pyrkimys tiedostamista, yhteistoimintaa, tiedon hankintaa ja sosiaalista muutosta tukeviin tavoitteisiin. Näiden tavoitteiden katsotaan toteutuvan kokonaisvaltaisen, kokemukselliseen oppimisen malliin perustuvan oppimissyklin kautta. Perusolettamuksena toimintatutkimuksessa on se, että oppiminen on luonteeltaan kokemuksellinen ja refleктоiva prosessi. Kokemuksellisen oppimisen malli lähtee liikkeelle kokemuksista, jotka muuttuvat refleктоivan ajattelun avulla käsitteiksi. Käsitteitä taas käytetään uusien kokemusten valinnassa, aktiivisessa toiminnassa, kokeilussa ja ongelmien ratkaisussa. (Kiviniemi 1999, 65-67.)

Toimintatutkimuksessa opettaja nähdään oman opetuskokemuksensa parhaana arvioijana. Opettaja voi esimerkiksi kysyä, miksi hän on tyytymätön nykyiseen tilanteeseen, mitä hän aikoo muuttaa ja kuinka hän havainnoi tilannetta ja miten ottaa käyttöön löytämänsä tulokset. Hyvä opettaja tekee tätä jatkuvasti, mutta toimintatutkimus tekee tästä prosessista tutkimusta. Siihen kuuluu suhtautuminen kriittisesti opetukseen ja sen käytännön tiedostaminen sekä tämän prosessin saattaminen tiedeyhteisön käsittelyyn. (McNiff 1995, 5-6.) Tutkimusta tehdessään opettaja tarkentaa havainnointitaitojaan ja refleктоi tietoisemmin kuin aiemmin (Kincheloe 2003, 39).

Toimintatutkimus voi olla hyvä ammattitaidon kehittäjä, sillä opettajat voivat löytää keinoja, joilla toteuttaa paremmin kasvatuksellisia arvojaan (McNiff & Whitehead 2006, 7) ja niiden tuomista käytännön työhön (Kincheloe 2003, 107). Toimintatutkimuksen lähtökohtana on opettajan arvio puuttuvista arvoista opetustilanteessa. Arvot muutetaan käytäntöön toiminnassa, ja siksi tutkimusväitteiden testaus tapahtuu oppimisprosessissa (Elliot 1991, 54). Tällainen toiminta vaatii jatkuvaa opettajien ja oppilaiden refleктоivaa toimintaa. Arvot liittyvät sisältöön ja tiettyihin olosuhteisiin ja ovat avoimia uudelleentulkinnoille refleктоiivisessa ympäristössä. Toimintatutkimus on myös eettisen palautteen kuvaamista. (Elliot 1991, 50-51.)

Yleisesti toimintatutkimuksen etenemisvaiheet ovat suunnittelu, toiminta, havainnointi, refleктоinti, arviointi, tavoitteiden uudelleen asettelu, prosessin vaiheiden ja lopputulosten arviointi sekä raportointi (Suojanen 1992, 55-62; Heikkinen & Jyrämä 1999, 78-80). Toimintatutkimuksen sykli opetuksessa alkaa sillä, että opettaja haluaa parantaa opetustaan. Hän kysyy kysymyksiä: Miksi haluan muutosta? Miten voin selvittää ratkaisuja? Mistä näkökulmasta haluan tarkastella tilannetta, josta haluan kerätä tietoa? Kuinka selitän oman kasvatusvaikutukseni oppimistapahtumassa? Kuinka voin varmistaa, että arvioni on oikea? (McNiff 1995, 38-39; McNiff & Whitehead 2006, 79.) Tässä kysymyksien asettelussa näkyy opetuksen toimintatutkimuksen sykli: 1) näen että kasvatustavoitteet eivät toteudu, 2) hahmottelen ratkaisun, 3) toimin ratkaisun suuntaan, 4) arvioin ratkaisua sekä 5) uudistan opetusta ja sen suunnittelua arvioinnin perusteella. (McNiff 1995, 58.) Opetuksen toimintatutkimuksen sykli päättyy ongelman ratkaisuun ja uudistuneeseen toimintaan.

Toimintatutkimuksen suunnittelu alkaa yleisestä ideasta, joka halutaan saavuttaa. Toimintatutkimuksen vaiheet alkavat idean selventämisestä ja kuvaamisesta, selittämisestä ja tutkimussuunnitelman tekemisestä. Tarkkaa kuvaa ratkaisusta ei ole, joten vaaditaan tarkempaa tilanteen analyysiä. Alkuperäinen idea voi myös muuttua. (Carr & Kemmis 1997, 162-163.) Tuottava toimintatutkimus mahdollistaa useamman eritasoisen tutkimuksen aikana esiinnousseen kysymyksen käsittelyn kerralla. Esimerkiksi tutkija-opettaja voi havaita, että hänen tarpeensa kontrolloida oppilaita estää tutkimuksen edistymisen, ja hän alkaa etsiä keinoja parempaan vuorovaikutukseen. (McNiff 1995, 43-44.)

Toimintatutkimuksessa reflektointia auttaa, kun opettaja-tutkija rohkaisee oppilaita opetuksen kritiikkiin ja on tietoinen opettajan ja tutkijan erilaisista rooleista. Opettajan tulisi sitoutua osallistumaan ja tutkijana ottaa etäisyyttä, jotta hän voisi koota tietoa opettajan toiminnasta. (Elliot 1991, 58-68.) Tavoitteiden aikaansaaminen edellyttää voimakasta sitoutumista itse ilmiöön. Tutkija taas on analyyttinen, objektiivinen ja neutraali havaitsija. (Linnansaari 2004, 117.) Vertaisarvioijat auttavat tutkimustiedon käsittelyssä. Yhteistyökumppaneita voivat olla toisten opettajien lisäksi vanhemmat ja oppilaat. (Elliot 1991, 58-68.) Silloin kun opettajan on pakko toimia yksin, niin hän arvioi itseään. Reflektoidessaan itseään ihminen ikään kuin etääntyy itsestään ja näkee oman toimintansa ja ajattelunsa uudesta näkökulmasta. Hän pyrkii ymmärtämään oman ajattelunsa ja toimintansa syitä. (Carr & Kemmis 1997, 200; Heikkinen & Jyrkämä 1999, 36.)

Toimintatutkimuksessa on menneen ymmärtämistä ja tulevaisuuteen liittyvää toimintaa. Havainnointivaiheessa katsotaan menneeseen toimintaan ja arvioinnissa tulevaisuuteen. (Carr & Kemmis 1997, 187.) Toimintatutkimus on harkintaan perustuva joustava prosessi, jossa edetään suunnitelman teosta toimintaan, jota havainnoidaan ja muutetaan kokemusten perusteella. Osallistujat oppivat teoretisoimaan käytäntöjään ja perustelemaan opetuskäytäntönsä tieteellisesti. (Linnansaari 2004, 115-116.) Tutkimustietoa voidaan saada opetussuunnitelmasta ja tekstikirjoista, sitä voidaan kerätä kirjaamalla oppitunnin profiili (oppilaan ja opettajan aktiivisuus), pitämällä päiväkirjoja ja keräämällä muita dokumentteja, kuten koepapereita, kokousmuistioita, oppilaiden vihkoja, ja otteita tehtävävastauksista. Päiväkirjan pidon tulisi olla vapaaehtoista ja vain tekijänsä päätettävissä. Ajoittain voidaan pitää arviointisessioita. (Elliot 1991, 72-77.)

Toimintatutkimuksen kriteereinä toimivat käytännön parantamisen päämäärät ja se, että tutkimus noudattaa sykliä: suunnittelu, toiminta, havainnointi ja reflektointi. Lisäksi projektin tulee aktivoida sen osallistujat siten, että siinä vallitsee demokratia. (Carr & Kemmis 1997, 165-166.)

Opetuksen tutkimuksella on humanistinen luonne. Tutkija valitsee tutkimuksen taustalla olevan filosofian ja menetelmät ja käyttää asiantuntemustaan aineiston analyysiin. Analyysin tuloksien soveltaminen vaikuttaa ihmisiin, mikä edellyttää, että tutkimuksen osallistujat toimivat demokraattisesti. (McNiff 1995, 7-9, 141.) Toimintatutkimuksessa osallistujat ovat samanarvoisia (McNiff & Whitehead 2006, 85). Opetuksen tutkimuksessa näitä tavoitteita toteuttavaa tutkimusta kutsutaan myös kriittiseksi toimintatutkimukseksi.

Toimintatutkimus kohdistuu myös opettaja-tutkijaan itseensä muun muassa siinä, kuinka hän voi parantaa ymmärrystään esimerkiksi oppimisprosessista, kehittää omia taitoja rohkaista oppilaita tai oppia vaikuttamaan muiden oppimiseen (McNiff & Whitehead 2006, 13-14). Kun opettajat tutkivat omaa työtään ja oppivat tiedostamaan opetusprosesseja, se kehittää (McNiff 1995, 10-13) osallistujien erottelu- ja päättelykykyä monimutkaisissa tilanteissa (Elliot 1991, 52) ja antaa mahdollisuuden saavuttaa analyyttinen kyky nähdä koululaitokseen liittyvät rakenteet (Kincheloe 2003, 152). Opettajan asiantuntijuus näkyy siinä, että hän soveltaa tutkimuksesta saatua tietoa opetukseensa. Opettajan työstä tulee persoonallista, kun hän on kriittisesti ajatteleva, itsearviointiin kykenevä henkilö. (McNiff 1995, 49-52.) Toimintatutkimuksen kannalta on hyvä, että tutkija on oma opettaja, koska hän tuntee parhaiten oppilaidensa ajattelun tason, heidän taitonsa ja tunteensa.

Menestyksellinen tutkimus on mahdollista vain, jos opettaja luo tilanteen, jonka oppilaat tuntevat mukavaksi ja avoimeksi ja jossa he voivat ilmaista tunteitaan. Päästäkseen tähän

opettajan tulee rohkaista oppilaita puhumaan. (Kincheloe 2003, 45; Stringer 2004, 37.) Toimintatutkimus antaa opettajalle mahdollisuuden spontaaniin ja luovaan toimintaan (McNiff 1995, 43). Toimintatutkimuksessa prosessi on yhtä tärkeä kuin ratkaisu, ja siksi siinä huomioidaan osallistujat kokonaisvaltaisesti: Ihminen on fyysinen olento, jolla on sosiaalisessa elämässään esteettisiä, henkisiä, älyllisiä ja moraalisia näkökulmia. (Stringer 2004, 37.)

Kaikki toimintatutkimus ei ole kriittistä vaan historiallisista syistä kontrolliin pyrkivää. Kriittisen tutkijan täytyy harjoittaa itsereflektiota, uskaltaa haastaa hyväksytyjä periaatteita, löytää kätkeytyjä hierarkioita, ja etsiä uusia menetelmiä kasvatusta tutkimaan. (Kincheloe 2003, 90.) Kriittisen tutkimuksen vaatimuksia ovat eettisyys, tietoisuus arvoista, lähtökohtana tutkijan oma näkökulma ja käytännönläheisyys (Kincheloe 2003, 42).

5.1.2 Toimintatutkimuksen käytännön toteutus

Toimintatutkimukseni sykli

Tutkimusprosessissani näkyvät toimintatutkimuksen tavoitteet (vrt. Elliot 1991; McNiff 1995; McNiff & Whitehead 2006) ja eri vaiheet (vrt. McNiff 1995, 58). Tutkimukseni tavoitteena oli fysiikan opetuksen kehittäminen suuntaan, jota pidin tärkeänä. Opetustyössäni huomasin ongelman, johon halusin selvennystä: Miten kasvatustavoitteet toteutuvat fysiikan oppisisällöissä? Tutkimusongelma hahmottui, kun MAOL:n arviointi-kysymyksiä käsittelevää seminaaria varten analysoin opetushallituksen antamat (Anon.1999a) kriteerilauseet (kappale 6.1.4; LIITE 5), jotka oli laadittu arvioinnin yhtenäistämiseksi. Huomasin, että fysiikan opetuksen tavoitteet jakaantuivat kolmeen osaan: tiedollisiin, taitoja koskeviin sekä arvo- ja asennetavoitteisiin, joihin luokittelin myös maailmankuvan rakentumisen. Kun edelleen tarkastelin sisältölauseita, huomasin, ettei arvo- ja asennetavoitteisiin löydy sisältöjä, kuten muihin tavoitteisiin. Opetussuunnitelmassa ei kerrottu, minkä sisältöjen kautta näitä tavoitteita toteutetaan fysiikan opetuksessa. Hahmottelin ratkaisun, suunnittelin fysiikan valinnaiskurssin koulun opetussuunnitelman, opetuksen teorian, opetuksen tutkimuksen, oman opettajakokemukseni ja sen reflektoinnin pohjalta (vrt. luku 4.3).

Ensimmäisessä tutkimussuunnitelmassa asetin tutkimuskysymyksiksi oppilaiden maailmankuvan rakentumisen: Miten fysiikan oppiainesta voidaan laajentaa niin, että se antaa enemmän aineksia monipuolisen maailmankuvan muodostamiseen? Mietin myös fysiikan käsitteiden ja oppilaiden arkielämän käsitteiden eroa: Mikä oikeuttaa käyttämään fysikaalisia termejä humanistisissa teksteissä? Mitä näillä termeillä voidaan selittää? Mitkä ovat termien käytön rajat? Tämä kysymyksenasettelu näkyi kirjoittamassani valinnaiskurssin materiaalissa, jossa käsiteltiin sanojen merkityksiä ja tiedettä. Olin myös kiinnostunut näistä aiheista käytyjen keskustelujen vaikutuksesta oppilaisiin.

Valinnaiskurssille kirjoittamissani tavoitteissa mainitsin maailmankuvan rakentumisen ja siinä oli myös yksilöllisiä tavoitteita: *”Kurssi laajentaa oppilaiden maailmankuvaa ja käsitystä tieteestä ja sen tutkimusmenetelmistä. Tavoitteena on kehittää omaa luovaa ja kriittistä ajattelua, päättelykykyä ja pohtia myös ihmistä havaitsijana, kehittää keskittymiskykyä, omaa käsitystä itsestä, tietoisuutta.”* Näitä kurssin tavoitteita en antanut oppilaille tässä muodossa vaan kysymyksinä, jotka koskivat havaintojen tekemistä ja siitä saatavaa informaatiota, vuorovaikutuksia ja tiedettä. Pidin myös tärkeänä oppilaiden omia kysymyksiä ja aiheita (LIITE 1).

Toteutin suunnittelemani fysiikan valinnaiskurssin, jonka aikana havainnoin sen toteutumista ja myös omaa toimintaani. Videoin koko kurssin, ja oppilaat pitivät oppimispäiväkirjaa ja opettaja päiväkirjaa. Pyrin siihen, että valinnaiskurssilla vallitsi avoin ja luottavainen ilmapiiri, jossa oppilaat saivat ilmaista mielipiteitään, arvioida kurssia ja vaikuttaa sen ohjelmaan. Kurssin alussa oppilaat ilmaisivat odotuksensa kurssista (palaute 1, LIITE 9). Kurssin alussa tutustuin oppilaisiin eri tavoin, mikä on opettajan kehittyneen pedagogisen sisältötiedon välttämätön osa (vrt. Shulman 1986).

Kun analysoin oppilaiden kirjallisia palautteita (LIITE 9) valinnaiskurssin jälkeen, huomasin, että oppilaiden palautteissa oli persoonallisiin tavoitteisiin liittyviä ilmaisuja, joita oli myös kurssille asettamissani tavoitteissa. Tässä vaiheessa ymmärsin, että maailmankuvan rakentuminen on yksilöllinen, joka muovautuu kokemuksen myötä, ja se liittyy ihmisen arvoihin ja asenteisiin (vrt. Niiniluoto 1984; 1994; 2002). Tämän perusteella lisäsin tutkimustehtäviini kasvatustavoitteita koskevan kysymyksen Miten peruskoulun opetussuunnitelmassa mainitut kasvatustavoitteet voidaan toteuttaa fysiikan oppisisällöissä? Ja perehdyin tätä koskevaan kirjallisuuteen. Toimintatutkimuksen mukaan alkuperäinen idea voi myös muuttua (Carr & Kemmis 1997, 162-163) ja tuottava toimintatutkimus mahdollistaa useamman eritasoisen tutkimuksen aikana esiinnousseen kysymyksen käsittelyn kerralla (McNiff 1995, 43-44).

Analysoin koulun kasvatustavoitteet ja huomasin, että ne jakaantuvat kahteen osaan: itsetuntemukseen ja sosiaalisiin taitoihin (kappale 2.3.1). Samaan aikaan koulussani työstiin aihekokonaisuuksia ja analysointini (LIITE 3) toimi tässä työskentelyssä pohjana. Erityisesti aihekokonaisuus ”Ihmisenä kasvaminen” liittyi yleisten kasvatustavoitteiden toteutumiseen ja liitin sen tutkimuskysymyksiini. Laajensin myös tietojani fysiikan opetuksen tutkimuksesta koskien ajattelun kehittymistä, käsitteitä ja tiedon siirtoa, koska valinnaiskurssilla sovelsimme fysiikan käsitteitä uusiin yhteyksiin. Näin muodostui fysiikan opetusta koskeva tutkimukseni viitekehys, johon liittyi myös opettajan pedagogisen sisältötiedon käsite (Shulman 1986).

Nimesin kokonaisvaltaiseksi fysiikanopetukseksi opetuksen, joka ottaa huomioon kaikki opetussuunnitelmaan liittyvät tavoitteet. Viitekehys oli laaja, enkä pystynyt sen pohjalta perustelemaan tyydyttävästi fysiikan valinnaiskurssin ratkaisujani. Sisällönanalyysi oli vaihe, jonka avulla saatoin järjestää hajanaista tietojen keräämistäni ja perustella omaa pedagogista sisältötietoa. Tein sisältöanalyysin teksteistä (luku 6.1); valitsin keskeiset teemat, jotka muutin avainsanoiksi ja piirsin niistä edelleen käsitekartat. Käsitekarttojen vertailussa tulivat esiin teemat, joihin sisältyivät kaikki fysiikan opetuksen tavoitteet. Etsin fysiikan oppiaineksesta sisältöjä näihin teemoihin. Tämä opettajan tiedon analysointi johti vielä yhteen tutkimuskysymykseen: Mitä seikkoja fysiikan opettaja joutuu ottamaan huomioon opetuksensa kokonaisvaltaisessa suunnittelussa? Kun viitekehykseni opettajan tiedosta täsmentyi, pystyin paremmin perustelemaan valinnaiskurssin sisältöjä koskevia päätöksiäni. Opettajan tiedon analysoinnin (luku 6.1) perusteella arvioin fysiikan valinnaiskurssia (luku 6.2).

Toimintatutkimukseni syklissä, ongelman ratkaisun arviointivaiheessa, nousi esiin uusi tutkimuskysymys aihekokonaisuuksista (1b). Tutkimusprosessi on osa tutkimuksen rinnalla kulkevaa omaa tiedostamisprosessiani, sillä toimintatutkimus kohdistuu myös opettaja-tutkijaan itseensä, siihen, kuinka hän voi parantaa ymmärrystään esimerkiksi oppimisprosessista (McNiff & Whitehead 2006, 13-14). Tämä tiedostamisprosessi muuttaa opettajan ja oppilaan välistä vuorovaikutusta ja uudistaa siten opetusta. Opettaja-tutkijana toimin yksin yhteisössäni, mutta toin toimintani yhteisön käsiteltäväksi, kun työstimme uutta

opetussuunnitelmaa ja erityisesti sen aihekokonaisuudet-osiota. Kun opettaja toimii yksin, hän arvioi itseään ja pyrkii ymmärtämään oman ajattelunsa ja toimintansa syitä (Carr & Kemmis 1997, 200; Heikkinen & Jyrkämä 1999, 36). Opettaja oman työnsä tutkijana -prosessissa jo uudistunut toiminta päättää toimintatutkimuksen syklin (McNiff 1995, 58).

Fysiikan valinnaiskurssi toteutui vain kerran. Valinnaiskurssin jälkeen olen uudistanut perusopetustani ja ottanut näitä aiheita perusopetukseen (luku 9.2). Muun muassa videoin valo-opin oppituntini, jossa käsittelin näkemistä ja havaitsemista. Oppitunti sai MAOL:n palkinnon kilpailussa (2005): ”Vaihtoehtoisia tapoja opettaa matematiikkaa, fysiikkaa ja kemiaa peruskoulussa”.

Toimintatutkimukseni piirteitä

Omassa tutkimuksessani pyrin kriittiseen tutkimukseen. Tuon esiin omat arvoni (luvut 5.3 ja 5.4, kappale 6.3.4). Tutkimukseni on lähtenyt käytännön tilanteesta, ja sen ratkaisussa olen käyttänyt omaa kokemustani teorioiden rinnalla. Toimintatutkimuksessa on oleellista, että ensimmäisen syklin jälkeen suunnitellaan uudistettu toiminta. Stringer (2004) tulkitsee toimintatutkimuksen sykliä siten, että hän näkee toiminnaksi vasta tutkimusprosessissa saavutetun ongelman ratkaisun toimeenpanemisen (Stringer 2004, 10-11). Opetuksen tutkimus ei ole muuttunut aina koulujen käytännöksi, koska McNiffin (1995) mukaan opetus ja tutkimus perustuvat usein kontrolloivaan malliin todellisuudesta, jossa informaatio ja vaikutuksille altistuminen tulevat ulkoapäin. Ulkoapäin voidaan tutkia määrällisiä muuttujia, muttei syitä niihin. (McNiff 1995, 10-13.) Tällaista tutkimusta voivat olla jonkin ongelman loppuunsaatettu ratkaisu tai teorian kokeilu (Carr & Kemmis 1997, 185, 202).

Empiristisen perinteen tutkimuksessa opettajat kokeilevat opetusta koskevia teorioita, jotka usein kontrolloivat opettajan työtä ja opettajista tulee pelkkiä teorian tulkitsijoita. Tällöin opettajalla ei ole vapautta päättää, mikä on hyödyllistä, ja opettajalta viedään kasvattajan rooli. (McNiff 1995, 13-17.) Jos reflektointi kohdistuu vain teknisiin ratkaisuihin, arvojen filosofiselle ja myös eettiselle tarkastelulle ei ole tilaa. Toimintatutkimus, jossa on mukana eettinen aspekti, voi auttaa opettajia saavuttamaan paremmin opetussuunnitelman tavoitteet. (Elliot 1991, 52.) Katson, että tutkimukseni on toimintatutkimusta, jossa toimin opettajana ja tutkijana suunnittelemallani valinnaiskurssilla. Tutkimukseni tavoitteet nousivat omasta työstäni opettajana, harjoitin itsereflektiota, en pyrkinyt tulkitsemaan mitään teoriaa ja tutkimustuloksillani on vaikutusta opetuskäytäntöihini.

Toimintatutkimus sopii hyvin aiheisiin, jotka eivät ole ennustettavissa, kuten suhteiden rakentamiseen, erilaisiin opetustyyliin ja opetusmateriaalin vaikuttavuuden arviointiin (McNiff 1995, 13-17). Toimintatutkimuksessani kehitin ja kokeilin opetusmateriaalia, jossa fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet on huomioitu. Tutkija-opettajana saatoinkin reflektoinnin kautta jäsentää ja tiedostaa opetustyötäni ja tutkia kasvatustavoitteiden toteutumista fysiikan opetuksisällöissä. Oppilailla oli kurssin kuluessa mahdollisuus vaikuttaa kurssin kulkuun, ja pyrin luomaan ilmapiirin, jossa he saivat vapaasti ilmaista mielipiteitään. (vrt. Carr & Kemmis 1997; Kincheloe 2003; Heikkinen & Jyrkämä 1999; Kiviniemi 1999; McNiff 1995.)

Tutkimusprosessiini kuului tuottaa uusia merkityksiä toiminnalleni opettajana, kun tietoisuuteni fysiikan opetuksen tavoitteista ja tutkimuksen tuloksista lisääntyi (Ruohotie 2000, 52).

Kokemukseni mukaan toimintatutkimuksen etuna on se, että sillä parhaimmillaan on mahdollisuus kehittää opettajan työn käytännön ja siihen liittyvän teorian välistä vuorovaikutusta sekä auttaa opettajaa jäsentämään omaan työhön liittyviä kysymyksiä. Tutkimus opetti perustelemaan opetuskäytäntöä tieteellisesti (vrt. Linnansaari 2004, 115-116). Toimintatutkimuksessa tulen tietoiseksi omasta hiljaisesta tiedostani opettajuudessa.

5.2 Sisällönanalyysi

Tässä luvussa tarkastelen, miten olen jäsentänyt ja soveltanut opettajan tietoa ja oppilaiden palautteita käyttämällä sisällönanalyysiä ja käsitekarttamenetelmää.

5.2.1 Tekstien sisällönanalyysi

Sisällönanalyysillä tarkoitetaan kirjoitettujen, kuultujen tai nähtyjen sisältöjen analyysiä ja siinä etsitään merkityksiä. Sisällönanalyysissä pyritään aineiston sisältämien ajatuskokonaisuuksien luokitteluun ja mahdollisesti luomaan pohjaa aineiston kvantitatiiviseen käsittelyyn. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 93, 106.) Sisällönanalyysiin kuuluvat vaiheet ovat aineiston valinta, luokittelu, teemoittelu, tyypittely ja yhteenveto. Luokittelu on aineiston järjestämistä, teemoittelussa painottuu, mitä kustakin teemasta on sanottu. Tyypittelyssä aineisto ryhmitetään tietyiksi typeiksi. Aineistosta voidaan hakea samuutta tai erilaisuutta. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 94-95.) Analyysi lähtee liikkeelle aineiston alkuperäisilmaisujen pelkistämisestä. Ensin tunnistetaan asiat, joista ollaan kiinnostuneita, ja näitä lauseita pelkistetään yksittäiseksi ilmaisuksi. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 102-103.) Sisällönanalyysi pitää sisällään myös tutkijan perehtymisen aineistoon, sen sisäistämisen, tutkimustehtävien täsmennyksen, johtopäätösten teon ja tulkinnan (Syrjäläinen 1994, 90).

Aineistolähtöisessä analyysissä pyritään luomaan tutkimusaineistosta teoreettinen kokonaisuus. Siinä analyysiyksiköt valitaan aineistosta tutkimuksen tarkoituksen ja tehtävänasettelun mukaisesti. Avainajatus on, että analyysiyksiköt eivät ole etukäteen sovittuja tai harkittuja. Teoriasidonnaisessa analyysissä on tiettyjä teoreettisia kytkentöjä. Teoria voi toimia apuna analyysin etenemisessä. Aikaisempi tieto ohjaa tai auttaa analyysiyksikköä. Sisällönanalyysi sopii hyvin strukturoimattoman aineiston analyysiin, josta pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus tiivistetyssä ja yleisessä muodossa johtopäätösten tekoa varten. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 97, 105.) Kvalitatiivisessa analyysissä havainnot luokitellaan ennalta määriteltuihin kategorioihin tai samankaltaisuuden mukaan. Analyysin ominaispiirteisiin päästään käsiksi esittelemällä luokitteluprosesseja, jotka on tärkeää määrittää avoimessa aineistossa. (Mäkelä 1990, 54-55.)

Käsitekartta

Tekstin pelkistämisprosessi muistuttaa käsitekartan tekemistä. Käsitekarttoja käytetään tukemaan ymmärtämystä tärkeiden käsitteiden vuorovaikutussuhteista ja kehittämään tietorakennetta (Henderson 2002, 53-54). Käsitekartoista voi löytää yhtäläisyyksiä paremmin kuin pelkkiä avainsanoja vertaamalla. Käsitekartalla tarkoitetaan tietynlaista graafista tietojen esittämismenetelmää, jota on kehittänyt Novak (1995) tutkijaryhmänsä kanssa. Menetelmä perustuu siihen, että asiantuntijalla on kyseiseltä tiedonalalta paljon hyvin järjestyksessä olevaa tietoa. Käsitekartan avulla havainnollistetaan käsitteitä, käsitteiden välisiä suhteita ja niiden muodostamia kokonaisuuksia. Käsitekartassa tarkasteltavaan tiedonalaan liittyvät

keskeiset käsitteet (ajattelun perusyksiköt) on lokeroitu ja lokerot yhdistetään linkein kuvaamaan käsitteiden välisiä suhteita. Syntyneet riippuvuudet nimetään eli linkitetään. Nuolet käsitteiden välisinä linkkeinä havainnollistavat tietorakenteen kannalta olennaisia piirteitä ja käsitteen muodostuksen luonnetta. (Novak & Gowin 1995, 19-62).

Käsitekarttaa voidaan käyttää oppimisessa ja tutkimuksessa. Käsitekarttamenetelmä on hyvä keino opettajalle saada oppilaat käsittelemään tietoa. Käsitekarttaa käytetään tiedon jäsentämisessä ja ongelmien ratkaisemisessa. Sen avulla voidaan auttaa opiskelijaa järjestämään informaatiota ja oppimaan uusia tietoja. (Novak 2002, 41- 43.) Oppiminen on kokemuksen merkityksessä tapahtuneen muutoksen tulos. Käsitekartat ovat yksi tapa näyttää, miten tietoinen uudelleen organisoituminen on tapahtunut. (Novak & Gowin 1995, 109.)

Käsitekartat ovat täsmällinen ja avoin kuvaus yksilön omaamista käsitteistä ja väittämistä. Käsitekartat auttavat saamaan selville tekstin avainkäsitteet ja auttavat löytämään yhteyksiä käsitteiden välillä. Opetussuunnitelman tekemisessä käsitekarttoitus on keskeinen osa sitä pedagogista strategiaa, jota pyrimme edistämään. (Novak & Gowin 1995, 23, 27, 87.)

Käsitekartta on työkalu, sillä käsitekarttastrategialla pystytään kiertämään lyhytkestoisen muistin rajoituksia ja tehostamaan sen toimintaa. Käsitteet ja linkit ovat tiivistyksiä laajemmista tietokokonaisuuksista. (Nuorikkala 1994, 425.)

Käsitekartassa aikaisemman tiedon avulla muokataan uusi tieto kokonaisuudeksi, joten käsitekartta on yhteydessä tiedon konstruoimiseen. Käsitekartan tekemisellä on yhteys oppimiseen (vrt. konstruktivismi) ja oppijan aikaisempaan tietoon. Tietystä aihepiiristä ei ole yhtä ainoata oikeaa käsitekarttaa, vaan jokainen yksilö laatii kartan oman käsityksensä pohjalta. Sen tähden käsitekartta on oppimiseen tarkoitettu tekniikka ja tiedon jäsentämisen tekniikka, esimerkiksi opetussuunnitelmasta. Käsitekartat auttavat kurssin tai opetuksen lohkon suunnittelussa, koska kartat perustuvat tiedostamiseen ja visuaaliseen mielikuvitukseen. (Novak & Gowin 1995, 92-93.)

5.2.2 Sisällönanalyysin käyttö tutkimuksessani

Opettajan tieto

Omassa tutkimuksessani analysoin opettajan kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen tarvitsemaa tietoa, josta etsin vastauksia siihen, miten opetus järjestetään, jotta kaikkiin fysiikan opetuksen tavoitteisiin voitaisiin vastata. Aineisto on laaja ja eri lähteistä valitsemani tekstit muodostavat strukturoimattoman kokonaisuuden, ja siksi sisällönanalyysi on keino esittää aineisto tiivistetyssä muodossa johtopäätösten tekoa varten. Aineiston valinnan kriteerini perustuvat Shulmanin (1986) käsitteeseen opettajan opetuksensa suunniteluun tarvitsemasta tiedosta ja pedagogisesta sisällöntiedosta (luku 2.2). Näitä tietoja soveltaen olen muokannut oman mallin, joka perustuu suomalaiseen didaktiikan perinteeseen (Kuvio 1, kappale 2.2.1). Käytin omaa asiantuntijuuttani ensin siinä, että etsin tutkimustani varten merkittäviä tekstejä, jotka käsittelivät opettajan tietoa. Luokittelussa valitsin kuhunkin osa-alueeseen kuuluvaa tutkimuskysymysteni kannalta keskeistä aineistoa. Aineisto on osittain helposti löydettävissä esimerkiksi opetussuunnitelmasta, jota käytin kokonaisuutena. Koulun kasvatustavoitteiden osioita, kuten itsetuntemusta, sosiaalisia taitoja ja maailmankuvaa varten jouduin etsimään ja valikoimaan aineistoa. Samoin etsin aineistoa motivaation ja fysiikan opetuksen tutkimuksesta.

Opettajan tiedon sisältämien käsitteiden edelleen luokittelu tapahtui ensin samoin kuin tieteellisen artikkelin kirjoittaminen. Käsittelin samassa kappaleessa yhtä asiaa ja järjestin aineiston teemoittain samanlaisten käsitteiden mukaan. Sitten valitsin kustakin teemoitellusta aineistosta yhden ilmauksen, jonka pelkistin analyysiyksiköiksi, joita kutsun avainsanoiksi. Tämän tyyppisen analyysin tarkoituksena on aikaisemman tiedon testaaminen uudessa kontekstissa (Tuomi & Sarajärvi 2002, 93). Omassa tutkimuksessani etsin opettajan tiedon erilaisista tavoitteista samanlaisuuksia, joiden avulla voisin määrittää kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen ja sitten etsiä fysiikan opetuksen sisällöistä vastaavaisuuksia, joissa nämä tavoitteet toteutuvat. Aineiston luokitteluprosessi oli monivaiheinen ja muuttui, kun uutta tekstiä löytyi. Tutkimusprosessi ei ole lineaarinen. Ensimmäiseksi tutkijan tulee saada käsitys aineiston yleisilmeestä ja tuottaa siitä alustava tulkinta. (Heiskala 1990, 246.)

Kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältää runsaasti huomioon otettavia tietoalueita. Kokonaisuuden hahmottamista varten keräsin lauseet, joissa oli keskeinen asiatieto, taulukkoon. Samaan taulukkoon merkitsin myös avainsanat, jotka ilmaisevat tekstin pelkistämistä. Taulukointi mahdollistaa sen, että sisältötietoja voi helpommin luokitella ja vertailla (vrt. Eskola ja Suoranta 1998, 183). Annan esimerkin siitä, miten pelkistin tiedon avainsanaksi. Ote on taulukosta 29: Fysiikan opetuksen tavoitteiden tarkastelua (LIITE 6).

<i>Keskeinen asiasisältö</i>	<i>Avainsana</i>
On panostettava oppimisen tietorakenteisiin ja opetuksen sisältöön (Henderson 2005, 785).	tiedon rakentamisen prosessi, opetuksen sisältö

Rakensin avainsanoista käsitekartan, jotta voisin paremmin vertailla käsitteitä ja myös tiedon hallinnan takia. Opetuksen suunnittelussa tarvittava tieto on laaja alue, jota on vaikea muistaa ja hallita tietoisesti. Esimerkiksi olen taulukoinut fysiikan opetuksen tutkimuksen (luku 3) keskeiset asiat kolmeen taulukkoon: fysiikan opetuksen tavoitteiden tarkastelua (LIITE 6: Taulukko 29), fysiikan opetuksen opetusmenetelmiä (LIITE 6: Taulukko 30) ja fysiikan tehtävien rakenne ja luonne (LIITE 6: Taulukko 31). Päättelämästäni avainsanoista olen piirtänyt yhteisen käsitekartan fysiikan opetuksen tutkimuksesta (kappale 6.1.7: Kuvio 8).

Samalla tavalla olen käsitellyt opetussuunnitelman tekstejä. Koulun kasvatustavoitteiden analyysi on taulukossa 3, kappaleessa 6.1.2. Olen pelkistänyt kaikki kasvatustavoitteisiin kuuluvat lauseet avainsanoiksi, joita vertailemalla olen päätenyt tulokseen, että ne pelkistyvät kahdeksi tavoitteeksi: itsetuntemus ja sosiaaliset taidot. Olen luokitellut fysiikan opetussuunnitelmia niissä olevien tavoitteiden mukaisesti luokkiin: maailmankuva, asenteet ja arvot, taidot ja tiedot (kappale 6.1.4: taulukko 9 ja LIITE 5: taulukot 27 ja 28). Myös aihekokonaisuudet, niiden tavoitteet ja sisällöt olen analysoinut pelkistämällä niiden tavoitteet ja sisällöt avainsanoiksi. Otteita pelkistysprosessista on taulukoissa 6, 7 ja 8 (kappale 6.1.3) ja kooste kaikista aihekokonaisuuksista on taulukoissa 24 ja 25 (LIITE 3).

Olen tehnyt käsitekartat seuraavista aiheista: kokonaisvaltainen fysiikanopetus, fysiikan luonne, motivaatio ja kiinnostavuus, maailmankuva, kasvatustavoitteet, aihekokonaisuudet, oppimiskäsitys ja fysiikan opetuksen tutkimus. Käsitekartat löytyvät luvusta 6.1. Käsitekarttoja vertailemalla olen löytänyt kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen kuuluvat keskeiset tavoitteet ja menetelmät, joiden avulla ne toteutuvat (kappale 6.1.8). Edelleen olen etsinyt fysiikan oppiaineksesta sisältöjä, jotka toteuttavat nämä tavoitteet (kappaleet 6.2.1 ja 6.2.2). Nämä sisällöt toteutuvat kirjoittamassani fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaalissa (luku 6.2; Kärnä 2001).

Oppilaiden kirjalliset palautteet

Käytin sisällönanalyysia tutkimuksessani myös oppilaiden kirjallisten palautteiden analysointiin. Erittelin pelkistämättömiä alkuperäisiä tekstejä yksityiskohtaisesti moneen kertaan. Analyysillä pyrin löytämään sanoille ja lauseille merkityksiä. Sama teksti voi ilmaista useita merkityksiä. Hyvä tekstianalyysi hyödyntää diskurssianalyysin peruskysymyksiä: kuka sanoi, mitä sanoi, mitä tarkoitti, miksi sanoi, mihin pyrki ja kehen pyrki vaikuttamaan (Metsämuuronen 2006b, 127).

Tutkimuskohteeni oli fysiikan valinnaiskurssin 12 oppilasta. Analyysin aineisto on kooltaan sellainen, että se mahdollistaa tarkemman syventymisen kirjoitetun tekstin merkitysten tulkintaan. Analyysin pienten aineistojen puolesta puhuu se seikka, että niihin on helppo päästä sisälle ja näin oppia tuntemaan aineisto mahdollisimman perusteellisesti. Analysoitava aineisto on avoin monille erilaisille tulkinnoille. Tutkijan tehtävänä on löytää ehdottoman tieteellisen totuuden sijasta perusteltu tulkinta, joka pohjautuu tutkijan ja aineiston väliseen vuoropuheluun.

Omassa tutkimuksessani oppilaiden kirjallisen palautteen analyysiyksiköt muotoutuivat seuraavasti: kiinnostavuus, maailmankuva, ajattelu, tunteet, keskustelu, yhteisöllisyys, itsetuntemus, vaikuttaminen, ehdotuksia, arviointi. Nämä analyysiyksiköt vastaavat fysiikan valinnaiskurssin tavoitteita (kappale 6.2.1). Oppilaiden palauteanalyysin perusteella vastaan kysymykseen, kuinka he kokivat fysiikan valinnaiskurssin. Yleiskuvan saamiseksi olen koonnut oppilaiden diskurssit taulukoon (taulukko 18, kappale 6.3.2). Käsittelen tarkemmin maailmankuvan rakentumiseen liittyviä diskursseja (kappale 6.3.3). Etsin myös tiedon luonteeseen liittyviä diskursseja (kappale 7.2.4). Oppilaiden palautteiden luokittelu näkyy kokonaan liitteessä 9. Oppilaat on merkitty kirjaimilla ja palautteet numeroitu, joten yksittäisen oppilaan diskursseja koko kurssin ajalta voidaan seurata.

Tutkimuskysymykseni koskivat oppilaiden maailmankuvan rakentumista ja arvo- ja asennetavoitteita. Analyysissäni käytän määrittelemiäni maailmankuvaan kuuluvia asioita (kappaleet 6.1.6 ja 6.3.3). Asenteet ja arvot voivat ilmetä oppilaiden välisissä vuorovaikutuksissa ja ilmaisuissa: ajattelussa, tunteissa, keskustelussa, yhteisöllisyydessä ja itsetuntemuksessa. Sekä maailmankuva että arvot ovat omakohtaisia, tiedostettuja, ja ne näkyvät myös toiminnassa (Launonen 2007, 134), joten luokittelin erikseen miten oppilaat kokivat sen, että he voivat vaikuttaa kurssin kulkuun, mitä ehdotuksia heillä oli ja miten he arvioivat kurssia. Lisäksi toimintatutkimuksen ideaan kuuluu osallistujien demokraattisuus. Kiinnostavuus merkitsee yleistä kokemusta, joka oppilailla oli kurssista, sillä tarkoituksena oli, että maailmankuvaan ja arvoihin liittyvät asiat myös kiinnostavat oppilasta.

Jotta saisin yleiskuvan oppilaiden diskurssien suunnasta, siitä, miten he kokivat fysiikan valinnaiskurssin, taulukoin diskurssit (taulukko 18, kappale 6.3.2). Taulukoinnissa käytin yksinkertaista kvantitatiivista menetelmää, laskin yhteen ilmaisujen määrät ja myös niiden oppilaiden määrän, jotka käyttivät kutakin analyysiyksikköä. Kvalitatiivista analyysiä voidaan ”jykevoittää” ja havainnollistaa pienimuotoisella kvantitatiivisella analyysillä (Metsämuuronen 2006b, 134). Taulukointi myös mahdollistaa, että johtopäätökset voidaan siirtää yleiselle ja teoreettiselle tasolle, jolloin yksityinen henkilö ei erotu (vrt. Metsämuuronen 2006b, 122).

5.3 Oma pedagoginen sisältötieto

Tarkastelen omaa pedagogista sisältötietoa, koska tämä tieto vaikuttaa siihen, miten suunnittelin ja toteutin fysiikan valinnaiskurssin. Pedagoginen sisältötieto on sitä tietoa, jota opettaja käytännössä osoittaa yhdistäessään teoriaa ja omaa kokemustaan. Shulmanin (1986) mukaan pedagoginen sisältötieto sisältää oppilaan tuntemuksen ja opettajan erilaiset selittämisen taidot. Pedagoginen sisältötieto yhdistää ainetiedon ja opetussuunnitelman, johon Shulman (1986) sisällytti opetuksen tutkimuksen, joka taas liittyy läheisesti didaktiikkaan. Myöhemmin pedagogista sisältötietoa on määritelty eri tavoin (vrt. kappale 2.2.2). Shulmanin (1986) mukaan tieto teorioista ja metodeista on tärkeää, mutta se on toissijaista opettajan tiedossa. Esimerkiksi koulujen opetussuunnitelmat eivät ole kattavia, koska ne pohjautuvat ainoastaan tutkimustietoon, jossa on yksinkertaistettu käytäntöjä. Toisaalta opettamisesta on tulossa enemmän asiantuntijuutta, minkä vuoksi opettajien asenteiden ja käytännön pitää perustua lujasti kasvatusteorioihin ja tutkimukseen. Opettajalla on tällöin autonomisuus ja myös yhteiskunnallinen vastuu. (Carr & Kemmis 1997, 9.)

Opettajan pedagoginen sisältötieto kehittyy tutkimusten mukaan opetuskokemuksen myötä ja on sisältökohtainen (Van Driel ym. 2002). Cochran ym. (1993) korostavat opettajan kriittistä, reflektiivistä vuorovaikutusta oppilaiden kanssa, jotta heidän pedagogisen sisältötietonsa (PCK) kehittyisi. Siihen liittyy tieto siitä, miten oppilaat ovat ymmärtäneet opetettavan asian. Oma käytännön tietoni on muodostunut itsereflektion ja arvioinnin perusteella, kun olen havainnoinut opetustani. Toimintatutkimuksessa opettaja oppii teoretisoimaan käytäntöjään ja perustelemaan opetuskäytäntönsä tieteellisesti, ja tutkimus on siten systemaattinen oppimisprosessi (Linnansaari 2004, 121). Toimintatutkimus kohdistuu myös opettaja-tutkijaan itseensä siihen, kuinka hän voi parantaa ymmärrystään (McNiff & Whitehead 2006, 13-14). Opettajan pedagogisen sisältötiedon käsite antaa mahdollisuuksia tämän prosessin tarkasteluun. PCK- teoria ja toimintatutkimus ovat antaneet minulle käsitteitä ilmaisemaan ja perustelemaan omaa opetustani. Shulmanin (1999) mukaan opetuksen tutkimus ei vielä yllä kertomaan, mitä kaikkia tietoja opettaja tarvitsee opetukseensa, ja opettajilla on vaikeuksia sitä kertoa (Shulman 1999, 63). Oma kokemukseni vahvistaa tämän. On vaikea tuoda esiin, tietoisuuteen, asioita, miten toimii. Kun lukee tutkimuksia, josta saa käsitteitä, osaa selittää ja oppii reflektoimaan paremmin. Reflektiivinen opetus kasvattaa tietoisuutta, joka kohdistuu sekä itseän että instituuttiin (Elliot 1991, 36-38). Opettajan pedagogisen tavoitteellisuuden määrää hänen tietoisuutensa opetuksen tarkoituksesta ja tietoisuustaso. Uljensin (1997) mukaan opettaja tarvitsee arviointia ja reflektiota, koska opettaminen ei takaa oppimista (Uljens 1997, 60-61).

Opettajan on tärkeää ymmärtää luokkahuonekäyttäytymistä keskustelemalla oppilaiden kanssa, jotta teoria ja käytäntö, opettajan mielikuvat ja luokkahuonekäyttäytyminen, yhdistyisivät (Moline-Dershimer & Kent 1999). Omat pedagogisen sisältötiedon lähtökohdat ovat olleet keskustelu sekä oppilaiden, koulumailman ja nuorten ympäristön havainnointi, arviointi, vertailu ja johtopäätösten tekeminen. Esimerkiksi lehtiartikkeli, jossa oppilaat ylistivät uskonnonopetusta, koska siellä saa keskustella mistä vain, sai miettimään keskustelua fysiikan tunneilla. Opettajan on oltava selvillä koulukulttuurin ja muun kulttuurin suhteista (Shulman 1986; 1987) ja opettajan tulee tuntea opetusympäristöön liittyvä sosiokulttuurinen tieto, se ympäristö, jossa tällä hetkellä elämme (Säljö 2004). Kun opettajat kuuntelevat oppilaiden keskusteluja, heillä on mahdollisuus ymmärtää oppilaiden selityksiä ja väärinkäsityksiä, jotka estävät käsitteellisen muutoksen. Opettajat voivat myös laajentaa lähestymistapaansa ja omaa tapaansa selittää. (Van Driel ym. 1998, 684.)

Opettajan aineen hallintaa ja oppilaiden virhekäsitysten huomioonottamista pidetään yleisesti hyväksyttynä (vrt. kappale 2.2.2) PCK:n käsitteessä. Omassa tutkimuksessani en kiinnitä huomiota oppilaiden fysiikan käsitteitä koskeviin virhekäsityksiin, koska ne eivät ole oleellisia tutkimuksessani. Tavoitteenani on tutkia arvo- ja asennetavoitteiden, kasvatustavoitteiden ja maailmankuvan rakentumisen toteutumista. Fysiikan filosofisen valinnaiskurssin fysiikkaa koskeva aineisto oli laaja, kaikki siihen asti opittu, eikä se kohdistunut yhteen aiheeseen. Kurssin aikana käsiteltiin eri fysiikan ilmiöitä laajoissa, yleensä oppilaslähtöisissä konteksteissa. Näissä yhteyksissä fysiikan käsitteitä sovellettiin ja myös virhekäsityksiä tuli ilmi.

Tutustuminen oppilaaseen voi tapahtua eri tavoin, ja opetusstrategian valinta tähtää oppilaiden kohtaamiseen. Arvo- ja asennekasvatus liittyy oppilaan tuntemukseen, hänen ajatuksiinsa, mielipiteisiin ja tunneilmaisuun. Niiden esiintuomisessa auttaa avoin ja luottavainen ilmapiiri, jossa oppilaan ajatteluprosessille on aikaa. Fernández-Balboanin ja Stiehl (1995) tutkimuksen mukaan yliopistolehtorit havainnoivat opiskelijoita, heidän kehon kieltään, ilmaisujaan, kysyvät kysymyksiä, opiskelijat kirjoittivat esittelykirjeen, opettajat lukivat taustatietoa opiskelijoista, heidän päämääristään, oli haastatteluja ja keskusteluja. Opetusstrategiat myös vaihtelivat luennoista ryhmätöihin, oli mallintamista, roolipelejä ja tiedon kyseenalaistamista. Uudelleen motivointi tapahtui huumorin, tauon tai vierailun avulla. Lehtorit yhdistivät tietoa arkielämään ja kertoivat esimerkkejä omasta elämästään, metaforia ja analogioita (Fernández-Balboan & Stiehl 1995). Tämä monipuolisesti kuvattu refleктоiva vuorovaikutus kuvaa myös omaa toimintaani fysiikan opetuksessa ja valinnaiskursilla (vrt. kappale 6.3.4).

Tutkimuksessani oppilaiden kirjalliset palautteet antoivat tietoa oppilaiden taustoista ja mielipiteistä. Opetuskokeilussa aiheisiin tutustuttiin keskustelemalla, jotta saisin tietää oppilaista ja heidän käsityksistään. Aineen hallintani, esimerkiksi fysiikan kehittyvän luonteen tietämys, auttoi minua keskustelemaan opetukseen. Opetuskokeiluani varten tutustuin erityisesti tiede-käsitykseen ja havainnointiin. Oma PCK on myös kehittynyt opetuksen tutkimuksen kautta. Opetussuunnitelma sisältää tutkijoiden hyväksi todettua tietoa opetuksesta: he ovat olleet ulkopuolisia tarkkailijoita tai itse opettajia. Minusta on hyvä, että opetussuunnitelmiin on tullut arvo- ja asennetavoitteita, joita itse koen tärkeäksi opetuksessani, koska ne antavat merkityksen opetukseeni. Lisäksi oppilaiden arvojen tunteminen lisää heidän tuntemistaan ja täten edesauttaa opetusprosessissa. Omassa PCK:ssa näkyvät PCK:n osa-alueet, didaktiikka, opetussuunnitelma ja aineen hallinnan merkitys sekä se, miten nämä välittyvät oppilaille. Opetuksen tutkimukseni on antanut uusia näkökulmia opetukseeni ja kehittänyt pedagogista sisältötietoa.

Tavoitteeni oli tehdä opetuskokeilustani tieteellinen tutkimus osin sen takia, että se mahdollistaa tiedostamaan omia käytäntöjä. Tutkimukseni on myös opettajan puheenvuoro opettajien ja tutkijoiden kanssa siitä, miten olen oppinut opettajasta tutkijaksi. Ymmärsin tutkimusprosessissa, että perusteleminen on tapa liittää oma tutkimus muiden tutkimukseen. Kun tutustuin opettajan työtä koskevaan toimintatutkimukseen ja pedagogisen sisältötiedon käsitteeseen, ymmärsin, että opetuskokeilustani tulee tiedettä, jos pystyn osoittamaan tiedon syntymisen prosessin. Tämän prosessin aikana pystyn perustelemaan osittain kokemuksesta syntyneet ratkaisuni, kun suunnittelin fysiikan valinnaiskurssia. Raporttia kirjoittaessa ja kirjallisuuteen tutustuessani on tärkeää tehdä kysymyksiä ja verrata omia tuloksia toisiin sekä suorittaa lähdekritiikkiä.

Opettajan ja tutkijan ero näkyy paitsi suhtautumisessa oppilaisiin (osallistuva-etäinen) myös kirjallisuuden käytössä. Tutkijalle ei riitä opettajan helposti käytettävissä oleva kirjallisuus, jota on mm. koulun ja omassa kirjastossa. Oma käytännön tieto haittaa myös tutkimuksen tekemistä: tietää miten asia toimii, muttei osaa perustella, tai luulee, että tutkimus on vahvistanut asian.

5.4 Oman tutkimuksen paradigmat

Tutkimukseni lähtökohta on pragmaattinen, koska tavoitteenani oli vastata kysymykseen: Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet toteutuvat? Minulla oli myös eettisiä, ontologisia ja episteemisiä kysymyksiä todellisuuden luonteesta: Miten opetussuunnitelmassa mainitut tavoitteet, arvot ja asenteet, näkyvät opettajan toiminnassa? Millaisen todellisuuskuvan fysiikan opetus antaa oppilaille? Tutkimukseni on toimintatutkimusta, joka kehittyi kriittisestä tutkimuksesta. Sen mukaan on tärkeää ymmärtää tilanne ja sen synty, jotta se voitaisiin muuttaa. Toimintatutkimus etenee ymmärryksestä toimintaan. (McNiff & Whitehead 2006, 41-42.) Toimintatutkimuksella on täten subjektiivinen lähtökohta. Se tarkastelee todellisuutta ihmisten konteksteista käsin ja huomioi sosiaalisen todellisuuden rakentumisen historiallisena prosessina, jossa tutkija ja hänen tulkitseva näkökulmansa on yksi huomioon otettava tekijä. (vrt. Heikkinen & Jyrkämä 1999, 46-47.)

Tutkimukseni paradigman voi sanoa olevan pragmatismi, jota toteuttavat tutkijat yrittävät elää kasvatusarvojensa mukaan (McNiff & Whitehead 2006, 19). Tunne siitä, että tarvitaan muutos, on välttämätön edellytys toimintatutkimukselle (Elliot 1991, 53). Ontologiset näkemyksemme vaikuttavat siihen, kuinka näemme itsemme ja suhteemme toisten kanssa. Toimintatutkimuksen tekijät ovat sitoutuneet arvoihinsa, jotka inspiroivat heidän toimintaansa. He havainnoivat itsensä suhdetta toiseen sosiaalisissa konteksteissa. (McNiff & Whitehead 2006, 23-25.)

Toimintatutkimuksen periaate on dialektinen rationaalisuus. Tutkijat ymmärtävät, että on objektiivisia näkökulmia, joihin osallistuvat eivät voi vaikuttaa. Mutta he voivat vaikuttaa omaan subjektiiviseen käsitykseensä asiasta. Dialektinen rationaalisuus näkee kahden vastakkaisen asian, esim. yksilön ja yhteiskunnan yhteyden. Tilanteet voidaan muuttaa muuttamalla käytäntöä ja ymmärtämällä niiden merkitys. (Carr & Kemmis 1997, 183.) Ammattitietoni ja kirjallisuuden perusteella suunnittelin ja toteutin fysiikan filosofisen valinnaiskurssin, joten tiedollinen lähtökohtani oli myös subjektiivisuus. Useiden henkilöiden samanlaisesta subjektiivisesta todellisuudesta voi syntyä objektiivinen todellisuus. Tutkimus tuo tieteeseen subjektiivisuutta, josta pyritään objektiivisuuteen tuomalla esiin tutkijoiden henkilökohtaiset vaikuttimet, mieltymykset, toiveet, uskomukset ja ennakko-odotukset. (Niiniluoto 1984, 21-29.)

Toimintatutkimus ratkaisee käytännön ja teorian välistä ristiriitaa opettajan näkökulmasta. Opetuksen kannalta teoreettinen tieto on toisarvoista kehitettäessä käytännön asiantuntijuutta reflektion avulla. Käytännön tieto ei ole mielessä teoreettisina otaksumina vaan tapausten ohjaamana reflektiivisena prosessina. Teoreettinen näkökulma tulee mukaan, kun yritetään ymmärtää olosuhteita. (Elliot 1991, 53.) Kasvatustieteen ongelmat eivät ole sellaisia, jotka ratkeavat tiedolla, vaan ne ovat ongelmia, joissa toimitaan kasvatuksellisesti sosiaalisissa

tilanteissa. Nämä tilanteet luovat tyypillisesti kilpailevia arvoja ja mutkikkaita vuorovaikutuksia erilailla ajattelevien ihmisten välillä. (Carr & Kemmis 1997, 180-181.)

Toimintatutkimuksen episteeminen oletus on se, että tutkimuksen objekti on ”minä” sekä se, että tieto on epävarmaa ja tiedon luominen on yhteisöllinen prosessi. Tiedon epävarmuus ilmenee siinä, että yhteen kysymykseen voi olla useita vastauksia, jotka voivat olla myös epävarmoja. Tieto on myös luotu kokeilun ja erehdysten kautta, sitä ei ole löydetty. (McNiff & Whitehead 2006, 26-27.) Toimintatutkimuksessa objekteja ei voida pitää riippumattomina ulkoisina olioina, koska ymmärretään, että osallistujat ovat vaikuttaneet kasvatuskäytäntöihin ja tilanteiden luomiseen. Toimintatutkimuksessa ei uskota, että tietoisuus yksin riittää tuottamaan sosiaalisen todellisuuden muutoksen, vaikka ymmärtäminen onkin vaikuttava elementti matkalla toimintaan. (Carr & Kemmis 1997, 180-181.)

Tutkimukseni paradigma ei ole yksiselitteinen, ja tarkoitukseni ei ole kyseenalaistaa fysiikkatieteen objektiivisuutta vaan tuoda sen rinnalle muita käsityksiä. Toimintatutkimuksen episteemiset käsitykset ovat samansuuntaisia konstruktivisen oppimisteorian ja tietokäsityksen kanssa. Sen mukaan tiedon omaksuminen perustuu sisäisen tietorakenteen kehittymiseen ja sitä edistää reflektointi ja omien oppimiskokemusten pohdinta. Lisäksi absoluuttista totuutta ei voida koskaan saavuttaa. (vrt. Meisalo ym. 2000, 36.)

Konstruktivistisen paradigman mukaan todellisuudesta voidaan saada tietoa vain henkilön subjektiivisen mielen kautta. Luonnontieteelliselle tutkimukselle ominaisten yleistettävyyden, ennustettavuuden ja kontrolloitavuuden käsitteiden sijasta konstruktivistinen paradigma pyrkii kuvaamaan ja valaisemaan tilannetta, luomaan merkityksiä ja selittämään. Konstruktivistiselle paradigmalle on ominaista ontologinen relativistisuus, epistemologian subjektiivisuus sekä metodologian hermeneuttisuus ja dialektisuus (Metsämuuronen 2006a, 86).

Luonnontieteellinen tutkimus perustuu yleensä siihen, että on olemassa tarkkailijasta riippumaton ulkoinen todellisuus (ontologinen realismi). Kun tutkitaan oppilaan käsityksiä, tämä ontologia ei päde. Omassa tutkimuksessa tulkitsin opetussuunnitelmien tekstiä ja oppilaiden henkilökohtaista palautetta. Metodologian hermeneuttisuus tarkoittaa tekstien tulkinnan periaatetta. Havainnoista tehdään aktiivista tulkintaa ”kehämäisesti” siten, että empiirinen ja teoreettinen tulkinta ovat rinnakkain. (Kincheloe & McLaren 2000, 285- 286.)

Cochranin, DeRuiterin ja Kingin (1993) mukaan opettajan pedagoginen sisältötieto (PCK) perustuu konstruktiviseen näkemykseen opetuksesta. Siihen kuuluu se, että oppija rakentaa tiedon aktiivisesti, maailmankuva on subjektiivinen, objektiivista ulkomaailmaa ei ole ja jatkuva reflektointi. Kriittinen konstruktivistinen asenne näkee, että ei ole tietoa ilman inhimillistä olentoa, joka on sosiaalisen ja historiallisen kehityksen tulos. Kun hän reflektoi tietoa, hän huomaa, että tieto on subjektin ja objektin fuusio. (Kincheloe 2003, 48.)

Tutkimukseni on toimintatutkimusta, jossa on myös fenomenologisia piirteitä. Toimin tutkija-opettajana vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa. Kurssitehtävien laatu ja luonne vaativat minua olemaan avoin ihminen, joka oli vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa koko henkilöhistoriansa avulla. Tein kurssin ajan itsehavainnointia päiväkirjan avulla. Opettajan ainedidaktisesta tiedosta tein sisällönanalyysin käsitekarttojen muodossa. Tämä tutkimusmetodi liittyy fenomenologiaan ja kriittiseen realismiin. (vrt. Heikkinen ym. 2005.)

Tutkimukseni paradigma vaikutti siihen, miten valitsin keskeistä tietoa opettajan suunniteluunsa tarvitsemasta tiedosta. Periaatteitani tiedon hankinnassa olivat mm. käytännön ja teorian vuorovaikutus, tiedon arvosidonnaisuus ja hankkimisprosessi. Tutkin fysiikan opetussuunnitelmassa mainittujen arvojen ja maailmankuvan toteutumista fysiikan

opetuksessa ja oppisisällöissä. Olin itse sitoutunut näihin arvoihin (kriittisyys, puolueettomuus, avoimuus, innokkuus..), joita ilmentäen vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa sain heiltä palautetta. En ollut objektiivinen tarkkailija vaan aktiivinen osallistuja, joka on tietoinen toimistaan. Toisaalta tutkimukseni tarkoitus oli tulla tietoiseksi siitä hiljaisesta tiedosta, jonka perusteella opettajana teen toimivia ratkaisuja koulussa.

6 Tutkimuksen tulokset: kokonaisvaltainen fysiikanopetus ja opetuskokeilu fysiikan valinnaiskurssilla

Tässä luvussa vastaan tutkimuskysymyksiini, jotka käsittelevät kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelua sekä fysiikan valinnaiskurssikokeilua. Tarkastelen ensin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelua (luku 6.1). Luvussa 6.2 tarkastelen, miten fysiikan valinnaiskurssin tavoitteet ja sisällöt vastaavat kokonaisvaltaista fysiikanopetusta (kappaleet 6.2.1 ja 6.2.2). Käsittelem kehittäminä fysiikan valinnaiskurssin opetusmenetelmiä ja kuvaan myös kurssin toteutumista (kappaleet 6.2.3-6.2.4). Empiirisen osan tutkimustulokset ovat luvussa 6.3 siitä, miten oppilaat kokivat fysiikan valinnaiskurssin ja miten he kokivat sen vaikutuksen maailmankuvaansa.

6.1 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelu

Tässä luvussa vastaan tutkimuskysymykseen 1: Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteet toteutuvat? Olen tarkastellut aiemmin opettajan suunnitteluunsa tarvitsemaa tietoa (luvut 2.3-2.7 ja 3), kuten koulun kasvatustavoitteita, aihekokonaisuuksia, fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita, maailmankuvaa ja fysiikan didaktiikkaa. Tässä luvussa kehitän kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnittelun työkaluksi käsittekartat (luku 6.1; Kuviot 2-8), jotka saan, kun pelkistän avainsanoiksi opettajan tietoon tarvittavia asioita. Yhteenveto kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteista ja sisällöistä on kappaleessa 6.1.8.

6.1.1 Kokonaisvaltainen fysiikanopetus

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseeni 2: Mitä seikkoja fysiikan opettaja joutuu ottamaan huomioon opetuksensa kokonaisvaltaisessa suunnittelussa? Vastaus on nähtävissä Kuviossa 1, joka esittää kokonaisvaltaisen fysiikanopetukseen tarvittavaa tiedon jaottelua (luku 2.2). Kokonaisvaltaisen fysiikanopetukseen tarvittava opettajan tieto sisältää didaktiikan, opetussuunnitelman, aineen hallinnan, opetuksen tutkimuksen ja opettajan pedagogisen sisältötiedon, joka tarkoittaa opettajan kykyä käyttää ammattitietouttaan oppilaan opetukseen. Opetuksen tutkimus kehittää didaktiikkaa ja tutkii muun muassa motivaation kehittymistä. Didaktiikka pitää sisällään oppilaan oppimiskäsityksen ja fysiikan didaktiikan. Koulun opetussuunnitelma sisältää yleiset kasvatustavoitteet, fysiikan opetussuunnitelman ja aihekokonaisuudet. Fysiikan opetussuunnitelma jakaantuu tiedollisiin, taidollisiin ja arvo- ja asennetavoitteisiin sekä sisältöihin, jotka yhdessä taitojen kanssa rakentavat oppilaan maailmankuvaa. Aineen hallinta sisältää fysiikan tiedon lisäksi tietoa fysiikan luonteesta.

Seuraavissa kappaleissa tarkastelen tarkemmin, mitä tämä opettajan kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseensa tarvitsema tieto sisältää ja mitä sisältöjä se antaa fysiikan opetukselle.

6.1.2 Keskeiset kasvatustavoitteet opetussuunnitelmassa

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseeni (1a): Minkälaiset näkökulmat laajentavat fysiikan opetusta toteuttamaan koulun kasvatustavoitteita? Tarkastelen oman kouluni kasvatustavoitteita vuoden 1999 opetussuunnitelmassa (kappale 2.3.1). Kun pelkistän ne avainsanoiksi, ne luokituvat kahteen ryhmään: sosiaaliset taidot ja oppilaan itsetuntemus (taulukko 3). Erilaiset persoonan ominaisuudet olen luokitellut itsetuntemukseksi, joka ilmenee sosiaalisissa taidoissa suhteessa niin kanssaihmissiin kuin ympäristöönkin. Ympäristöllä tarkoitan luontoa ja kulttuuriympäristöä, ellei asiayhteydestä toisin ilmene.

Taulukko 3. Kasvatustavoitteet Peltolan koulun vuoden 1999 opetussuunnitelmassa (Anon 1999b, 3) ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan.

<i>Kasvatustavoite</i>	<i>Avainsana</i>
Terve itsetunto: Jokaisella oppilaalla on vahvuusalueita, joita tuetaan antaen kannustavaa palautetta, niin että jokainen voi kokea oppimisen iloa ja rakentaa myönteistä minäkuvaansa.	itsetuntemus
Vastuuntunto: Nuoria kannustetaan vastuuntuntoon sekä koulutyötä että ympäristöä kohtaan.	itsetuntemus/ sosiaaliset taidot
Omatoimisuus: Oppilasta ohjataan omatoimiseen työskentelyyn ja tiedonhankintaan.	itsetuntemus/ sosiaaliset taidot
Luovuus ja muutosvalmius: Oppilaan taitoa ilmaista itseään, hänen kriittistä tiedonkäsittelykykyään sekä taitoaan tehdä valintoja vahvistetaan.	itsetuntemus/ sosiaaliset taidot
Yhteistyökyky: Oppilaan yhteistyötaitoja ja ristiriitatilanteissa selviytymistä ohjataan.	sosiaaliset taidot
Elämän arvostaminen: Oppilasta ohjataan valitsemaan terveitä elämäntapoja ja huolehtimaan fyysisestä kunnostaan toimintavireyden ylläpitämiseksi. Positiivista ajattelua ja elämänhallinnan taitoja vahvistetaan.	suhde itseen ja ympäristöön/ itsetuntemus

Aiemmin olen tarkastellut, miten opettaja voi ottaa opetuksessaan huomioon kasvatustavoitteet, itsetuntemuksen ja sosiaaliset taidot (kappaleet 2.3.2- 2.3.4). Tässä kappaleessa teen yhteenvedon kasvatustavoitteista. Taulukossa 4 ovat keskeiset asiat itsetuntemuksen kehittämistavoista ja avainsanat, jotka ovat asian pelkistykseen tulos.

Taulukko 4. Itsetuntemuksen kehittämistapoja ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan

<i>Itsetuntemuksen kehittäminen</i>	<i>avainsana</i>
Yksilön minäkäsitys sisältää kaiken sen, mitä tiedämme ja uskomme itsestämme. Minäkäsitykseen liittyy itsearvostus, joka on yksilön oma arvio siitä, missä määrin hänen kykynsä ja ominaisuutensa, tietonsa ja taitonsa vastaavat hänen sisäistämäänsä arvoja. (Pietarinen & Rantala 2002, 231-232.) Murrosikäinen kuvaa ajatuksiaan ja mielialojaan eri tilanteissa ja alkaa olla tietoinen ihanteistaan ja päämääristään. Itsenäisyys kehittyy sisäisestä oman itsen ja tunteiden hallinnantunteesta. (Keltikangas-Järvinen 2001, 109-145.)	itseä koskevat käsitteet: luonne, tavoitteet, arvot, asenteet, tunteet, tarpeet
Tutkimuksen mukaan ihmiseen liittyvät tehtävät myös kiinnostavat oppilaita (von Wright, 1986, 243-247).	ihminen
Koulussa voidaan auttaa lasta kehittämään hallinnantunnettaan auttamalla häntä ymmärtämään syy ja seuraussuhteita ja kehittää päättelytaitoja (Keltikangas-Järvinen 2001, 179-181, 238-240).	syy- ja seuraussuhteet päättelytehtävät
Tunteiden säätelyn prosessissa nuorta voidaan auttaa antamalla hänelle käsitteitä itsen prosesseille (Keltikangas-Järvinen 2001, 179-181, 238-240).	itsetarkkailu
Tunteiden ilmaisua on tarpeen oppia muun muassa itsetuntemuksen ja palautteen takia (Tamminen 2004, 62-67).	ilmaisu
Elämäntaito- kurssilla Hannukkala (2003) raportoi miten itsetuntemusta lähestyttiin omien arvojen, kasvupaikkojen ja voimavarojen miettimisen kautta. Koulun taideaineet lisäävät itsetuntemusta ja antavat aineksia eettisille pohdintoille ja oppilaan kuuntelulle (Laitinen 2003).	pohdinta
Omien arvojen tunnistaminen on mahdollista kun vaikka perustelee väitteitä (Aalto 2002, 21-23).	väittely
Yksilön välisillä sosiaalisilla suhteilla ja yksilön omalla kehityksellä on erittäin läheinen yhteys (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231).	sosiaalisuus vuorovaikutus

Yläkoulun oppilaan minäkuva on kehittymässä voimakkaasti lapsen minäkuvasta nuoren minäkuvaksi. Ihmiskäsityksen mukaan oppilas on enemmän tietoinen arvoistaan, tarpeistaan, tunteistaan, luonteestaan ja tavoitteistaan ja hän kykenee itsetarkkailuun. Minäkuva muodostuu suhteessa tekniseen ympäristöön, yhteiskuntaan, kulttuuriin, luontoon ja toisiin ihmisiin.

Itsetuntemuksen tiedostamista vahvistaa se, että oppilaalle annetaan tehtäviä, joissa hän saa miettiä omia mielikuvia itsestään. Ne jäsentyvät esimerkiksi kirjoittamalla niistä oppimispäiväkirjaan tai keskusteluissa. Samoin voi tarkastella omaa havaintokykyä. Suhde itseen muovautuu suhteessa toisiin vaikka keskustelemalla. Vuorovaikutuksessa tarvitaan sosiaalisia taitoja, havaintokykyä, ilmaisua, kuuntelua ja ajattelukykyä. Tutkimusten mukaan tämänkaltaiset, ihmiseen itseen liittyvät tehtävät kiinnostavat oppilasta (Hoffmann 1997; von Wright 1986, 243-247; Juuti ym. 2004, 38-41) ja vaikuttavat opiskelun motivaatioon. Motivaatio taas vaikuttaa suotuisasti oppimiseen.

Itsetuntemuksen kehittyminen tapahtuu vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Taulukossa 5 on valitsemiani keskeisiä sosiaalisten taitojen kehittymistapoja (kappale 2.3.4) ja niistä muodostamani avainsanat.

Taulukko 5. Sosiaalisten taitojen kehittämistapoja ja niiden pelkistäminen avainsanoiksi tulkintani mukaan

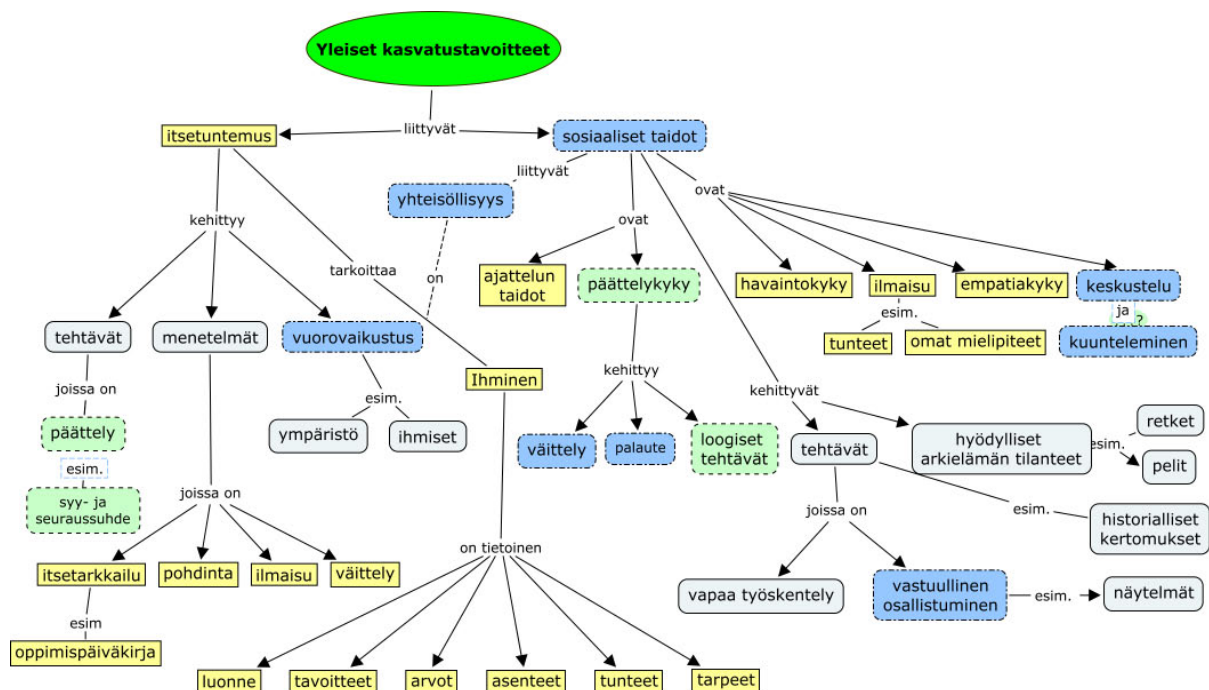
<i>Sosiaalisten taitojen kehittyminen</i>	<i>avainsana</i>
Mielekkääksi koetaan nimenomaan omaan elämänkulkuun liittyvät haasteet (Rauste-von Wright, von Wright & Soini 2003, 163).	hyödylliset arkielämän tilanteet, oma elämä
Teknologia ja fysiikan historia ja filosofia voisivat olla irrottautuminen tiedekehityksestä oppimisesta ja korostaa fysiikkatieteen inhimillisiä ulottuvuuksia (Saarikko 1998, 101-103). Oppilaille voidaan antaa samaistumisen mahdollisuuksia historiallisiin henkilöihin (Koskeniemi 1977, 285-290).	historialliset kertomukset filosofiateknologia
Ajattelu kehittyy mielekkäässä dialogisessa keskustelussa, johon liittyy kuuntelu ja omien mielipiteiden ilmaisu (Lipman 2003, 162- 166).	omat mielipiteet ilmaisu
Yhteistoiminnallisia ja luovia työtapoja ovat muun muassa roolileikki, väittely ja aivoriivi (Sahlberg & Leppilampi 1994, 163).	väittely
Vapaa työskentely, yhteiset retket, pelit ja näytelmät tarjoavat mahdollisuuksia sosiaalisuuden harjaantumiseen. Näissä tilanteissa opettaja huolehtii kaikkien osallisuudesta (Koskeniemi 1977, 285-290.)	vapaa työskentely, retket, pelit, näytelmät, kertomukset, osallistuminen (vastuullisuus)
Tärkeimmät vuorovaikutustaidot ovat vuorovaikutus itsen kanssa, eri mieltä olemisen taito, korjaavan ja myönteisen palautteen antaminen ja vastaanottaminen, oman virheen myöntäminen, pahan olon ilmaiseminen ja kyky helpottaa toisen pahaa oloa (Aalto 2002, 7).	palaute itserefleksio ilmaisu

Sosiaaliset taidot liittyvät yhteisöllisyyteen ja kommunikointitaitoihin (havaintokyky, tunteiden ja mielipiteiden ilmaisu, empatiakyky, keskustelu ja kuunteleminen). Sosiaalisten taitojen opettaminen liittyy enemmän opetusmenetelmiin kuin sisältöihin. Tehtävien sisällöllä tulee olla sosiaalista merkitystä, niistä on ajankohtaista hyötyä ja oppilaiden tulee saada vaikuttaa tehtävien sisältöihin. Erityisesti vapaa työskentely, yhteiset retket, pelit ja näytelmät tarjoavat mahdollisuuksia sosiaalisuuden harjaantumiseen. Sosiaaliset taidot kehittyvät tehtävissä, joissa oppilaat käsittelevät hyödyllisiä arkipäivän tilanteita, työskentelevät

esimerkiksi historiallisten kertomusten parissa, asettavat tavoitteita itselleen ja ilmaisevat omia mielipiteitään, osallistuvat opetuksen suunnitteluun sekä väittelevät.

Itsetuntemukseen ja sosiaalisiin taitoihin liittyvät avainsanat (taulukot 4 ja 5) olen koonnut käsitekarttaan (Kuvio 2). Käsitekarttaan olen merkinnyt asioita seuraavasti:

- suorakaiteen muoto (keltainen väri): ne käsitteet, jotka liittyvät ihmiseen ja hänen toimiinsa.
- piste-viiva -ääriviivalla ympäröidyt käsitteet (sininen väri): vuorovaikutukseen liittyvät käsitteet.
- katkoviivalla ympäröidyt käsitteet (vaaleanvihreä väri): tietoon ja tietämiseen liittyvät käsitteet
- katkoviivalla, jossa on kaksi pistettä ja kaksi viivaa, ympäröidyt käsitteet (violetti väri): laajat, uudet näkökulmat, aidot arkielämän ongelmat fysiikan sisällöissä.



Kuvio 2. Käsitekartta koulun yleisistä kasvatustavoitteista

Luokituksen olen saanut, kun vertasin käsitekartan (Kuvio 2) käsitteitä keskenään. Samalla tavalla vertasin kaikkien opettajan tiedosta tekemiäni käsitekarttojen (kappaleet 6.1.3-6.1.7) käsitteitä keskenään. Vertailussa löysin käsitteistä neljä pääpiirrettä: ihmiskeskeisyys opetuksen lähtökohtana, vuorovaikutus, tietoon ja tieteeseen liittyvät kysymykset ja laajat näkökulmat aiheisiin. Nämä luokat näkyvät käsitekarttojen muodoissa ja väreissä. Esimerkiksi vuorovaikutukseen liittyviä käsitteitä kuviossa 2 ovat *vuorovaikutus*, *yhteisöllisyys*, *sosiaaliset taidot*, *päättely*, *välttely*, *keskustelu*, *kuunteleminen*, *vastuullinen osallistuminen*.

Käsitekartasta (Kuvio 2) selviää, että itsetuntemukseen ja sosiaalisiin taitoihin liittyvät käsitteet jakaantuvat koskemaan ihmistä ja hänen vuorovaikutustaan. Myös tietoon ja tietämiseen liittyvät asiat kehittävät itsetuntemusta ja sosiaalisia taitoja. Nämä näkökulmat

laajentavat fysiikan opetusta toteuttamaan koulun kasvatustavoitteita (tutkimuskysymys 1a). Näitä tavoitteita ei voi toteuttaa erillään muusta opetuksesta, joten opetuksessa pitää ottaa huomioon myös kiinnostavuusnäkökulma ja oppimiskäsitys.

Ihmiskäsityksen mukaan (Kuvio 2) yläkoulun oppilas on iässä, jossa hän kykenee itsetarkkailuun. Arvojen ja asenteiden tunnistaminen, muokkaaminen ja tiedostaminen vaativat itsetarkkailua, ilmaisua ja keskustelua. Myös maailmankuva muodostuu omakohtaisen kokemuksen kautta. Näiden tavoitteiden toteutuminen edellyttävät tehtäviä, joissa oppilaat tutustuvat itseensä ja tulevat tietoisiksi ajatuksistaan. Tehtävien lähtökohta on ihmisläheinen ja niihin liittyy läheisesti, niin itsen kuin ympäristön havainnointi. Oppimispäiväkirja on hyvä väline itsensä tiedostamiseen. Näkökulmat, joiden lähtökohta on ihmisläheinen, ja tehtävät, joissa käsitellään havainnoimista, laajentavat fysiikan opetusta kasvatuksen suuntaan.

6.1.3 Aihekokonaisuuksien kasvatustavoitteet ja sisällöt - Ihmisenä kasvaminen

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseen (1b): Miten Ihmisenä kasvaminen - aihekokonaisuus saadaan liittymään fysiikan opetukseen? Fysiikan valinnaiskurssin suunnitteluni yksi lähtökohta oli koulun yleiset kasvatustavoitteet, mutta sitten tiedostin, että kasvatustavoitteet näkyvät hyvin aihekokonaisuuksissa, jotka ovat opetusta eheyttäviä ajankohtaisia teemoja. Tutkimustyöni edetessä kouluyhteisössämme valmisteltiin uutta opetussuunnitelmaa valtakunnallisen vuoden 2004 opetussuunnitelman pohjalta, jossa opetusta eheyttävät aihekokonaisuudet oli taas nostettu esille. Aihekokonaisuuksissa on tavoitteita, joita olin asettanut fysiikan valinnaiskurssille. Myös aihekokonaisuuksien keskeiset sisällöt on mainittu jokaisen aihekokonaisuuden kohdalla, ja tämä auttoi minua etsimään vastaavia sisältöjä fysiikan oppiaineesta.

Työskentelin aihekokonaisuuksien tavoitteiden kanssa siten, että etsin eri aihekokonaisuuksien arvotavoitteet ja tavoitteet, jotka koskevat yksilön suhdetta kulttuuriin, teknologiseen ympäristöön ja luontoon (Anon. 2004, 17-20). Valitsin näin, koska arvoja ei voi käsitellä irrallaan ympäristöstä. Olen jättänyt pois aihekokonaisuuksien tiedolliset ja taidolliset tavoitteet, jotka toteutuvat eri oppiaineiden sisällöissä. Olen pelkistänyt aihekokonaisuuden jokaisen tavoitteen analyysiyksiköksi, avainsanaksi. Kukin avainsana ilmaisee pelkistetyksi yhden keskeisen kasvatustavoitteen.

Taulukko 6. Otteita aihekokonaisuuksien arvotavoitteista (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja niiden avainsanat tulkintani mukaan

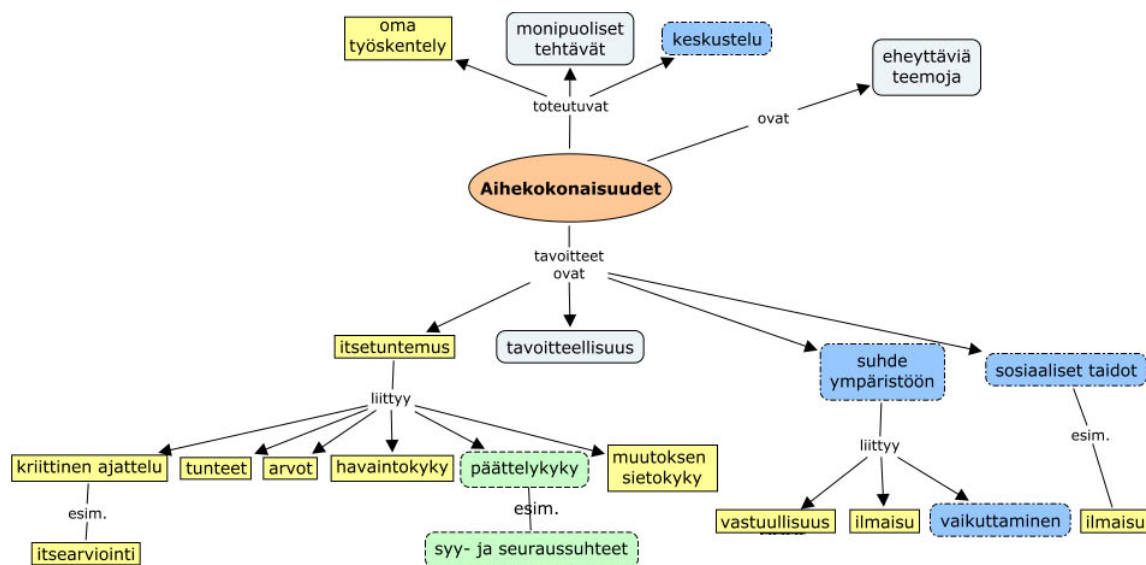
<i>Oppilas oppii</i>	<i>Aihekokonaisuus</i>	<i>Avainsana</i>
suhtautumaan kriittisesti median välittämiin sisältöihin ja pohtimaan niihin liittyviä eettisiä ja esteettisiä arvoja	Viestintä ja mediataito (3)	kriittinen ajattelu
kohtaamaan ja käsittelemään muutoksia, epävarmuutta ja ristiriitoja	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	tunteet, muutoksensietokyky
havaitsemaan ympäristössä ja ihmisten hyvinvoinnissa tapahtuvia muutoksia, selvittämään syitä ja seurauksia sekä toimimaan elinympäristön hyväksi ja hyvinvoinnin lisäämiseksi	Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta (5)	havainnointikyky, syy ja seuraus, toiminta, luontosuhde, sosiaaliset taidot, kriittinen ajattelu
ottamaan kantaa teknologisiin valintoihin ja arvioimaan tämän päivän teknologiaan liittyvien päätösten vaikutuksia tulevaisuuteen	Ihminen ja teknologia (7)	teknologian arvot, kriittinen ajattelu

Tein samoin aihekokonaisuuksien keskeisten sisältöjen kanssa. Opetussuunnitelmassa (2004) jokaiselle tavoitteelle ei voi osoittaa sisältöä, joten työskentelin sisältöjen kanssa erikseen samalla periaatteella. Olen taulukoinut valitsemiani aihekokonaisuuksissa mainittuja keskeisiä tavoitteita (taulukko 6) ja sisältöjä (taulukko 7), joita tulkiten olen päättänyt pelkistämään tavoitteen ja sisällön avainsanaksi. Aihekokonaisuuksien tavoitteet ja sisällöt ovat kokonaan liitteessä (LIITE 3, taulukot 24 ja 25).

Taulukko 7. Otteita aihekokonaisuuksien arvoisisällöistä (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja niiden avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeiset sisällöt</i>	<i>Aihekokonaisuus</i>	<i>Avainsana</i>
lähdekritiikki, tietoturva ja sanavapaus	Viestintä ja mediataito (3)	kriittisyys ja ilmaisu
osallistuminen ja vaikuttaminen omassa koulussa ja elinympäristössä sekä oman toiminnan vaikuttavuuden arviointi	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	sosiaaliset taidot, vaikuttaminen, kriittinen ajattelu
tulevaisuuden yhteiskunta ja teknologia	Ihminen ja teknologia (7)	tulevaisuuden tavoitteet

Avainsanat, jotka löytyvät näistä aihekokonaisuuksista ovat *itsetuntemus*, *arvot*, *tunteet* (*empatia*), *itsearviointi*, *havainnointikyky*, *sosiaaliset taidot*, *ilmaisu*, *kriittinen ajattelu*, *muutoksensietokyky*, *tavoitteellisuus*, *vastuullisuus*, *syy ja seuraussuhteet*, *toiminta kuten vaikuttaminen*, *luontosuhde*, *suhde teknologiaan*, *suhde ympäristöön* ja *suhde kulttuuriympäristöön*. Näistä keskeisistä käsitteistä olen tehnyt käsitekartan (Kuvio 3). Aihekokonaisuuksien tavoitteet luonnollisesti ovat samoja kuin koulun kasvatustavoitteet, mutta koska aihekokonaisuudet ovat kasvatusta eheyttäviä, niissä näkyy myös oppilaan suhde ympäristöön, teknologiseen, kulttuurilliseen ympäristöön ja luontoon sekä lisäksi ihmisen aktiivinen toiminta ympäristön hyvinvoinnin hyväksi. Tähän vuorovaikutussuhteeseen liittyy tunteiden ja ajatusten ilmaiseminen ja vaikuttamisen mahdollisuus. Nämä tavoitteet ja sisällöt toteutuvat monipuolisten tehtävien, keskustelun ja oman työskentelyn, avulla (Anon. 2004).



Kuvio 3. Käsitekartta aihekokonaisuuksien tavoitteista ja sisällöistä

Käsittekartasta (Kuvio 3) selviää, että aihekokonaisuuksien tavoitteet liittyvät ihmiseen (suorakulmion muotoinen käsite, keltainen väri), vuorovaikutuksiin (piste-viiva -äärioviiva, sininen väri) ja tietoon (katkoviiva, vihreä väri). Eheyttävän opetuksen tavoitteena on kriittisesti ajatteleva, ympäristöön vastuullisesti suhtautuva, vaikuttamaan pyrkivä sosiaalinen oppilas, joka sietää muutoksia. Nämä tavoitteet toteutuvat monipuolisten tehtävien, oman työskentelyn ja keskustelun kautta.

Tarkastelen seuraavaksi lähemmin myös vuoden 2004 opetussuunnitelmassa mainittua ”Ihmisenä kasvaminen” -aihekokonaisuutta, koska siinä mainitut sisällöt ja tavoitteet vastaavat tiivistetysti koulun kasvatuksellisia tavoitteita. Minua kiinnosti, miten tämä aihekokonaisuus voidaan toteuttaa fysiikan oppitunneilla. Ihmisenä kasvaminen -aihekokonaisuuden tavoitteet (itsetuntemus, omat arvot ja kriittinen ajattelu) ja sisällöt (omien arvojen, tunteiden ja ajattelun tunnistaminen havainnointi, ilmaiseminen, empatia ja itsensä kehittäminen) liittyvät itsetuntemukseen, joten tämän aihekokonaisuuden tavoitteet ja keskeiset sisällöt voidaan luokitella itsetuntemukseen ja sosiaalisiin taitoihin (taulukko 8).

Taulukko 8. Ihmisenä kasvaminen -aihekokonaisuuden tavoitteet ja sisällöt ja niiden avainsanat tulkintani mukaan

<i>Tavoitteet</i>	<i>Avainsana</i>	<i>Keskeiset sisällöt</i>	<i>Avainsana</i>
Oppilas oppii			
ymmärtämään omaa fyysistä, psyykkistä ja sosiaalista kasvuaan sekä omaa ainutkertaisuuttaan	itse-tuntemus	fyysiseen, psyykkiseen ja sosiaaliseen kasvuun vaikuttavia tekijöitä, tunteiden tunnistaminen ja käsittely, vireyteen ja luovuuteen vaikuttavia tekijöitä	tunteet
arvioimaan toimintansa eettisyyttä ja tunnistamaan oikean ja väärän	omat arvot itsearvio	oikeudenmukaisuus ja tasa-arvo	omat arvot
tunnistamaan esteettisten kokemusten tärkeyden elämänlaadulle	omat arvot	esteettinen havainnointi ja esteettisten ilmiöiden tulkinta	havainnointi, ilmaisu
tunnistamaan oman oppimistyyliänsä ja kehittämään itseään oppijana	itse-tuntemus	opiskelutaidot ja pitkäjänteinen, tavoitteellinen itsensä kehittäminen	opiskelutaidot itsensä kehittäminen
toimimaan ryhmän ja yhteisön jäsenenä	sosiaaliset taidot	toisten huomioon ottaminen, oikeudet, velvollisuudet ja vastuut ryhmässä, yhteistoimintatapoja	empatia, sosiaaliset taidot

Miten Ihmisenä kasvaminen -aihekokonaisuus saadaan liittymään fysiikan opetukseen? Vastaus tähän tutkimuskysymykseen on sama kuin koulun kasvatustavoitteiden kohdalla (kappale 6.1.2; Minkälaiset näkökulmat laajentavat fysiikan opetusta toteuttamaan koulun kasvatustavoitteita?)

Taulukossa 8 mainittuihin tavoitteisiin ja sisältöihin ei ole määritelty selviä eri oppiaineisiin liittyviä sisältöalueita, mutta mainitaan kuitenkin sisällöt, kuten havainnointi, ilmaisu, opiskelutaidot ja itsensä kehittäminen. Tutkimukseni tarkoitus on ottaa huomioon nämä sisällöt ja tavoitteet peruskoulun fysiikan oppiaineeksessa.

6.1.4 Fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteiden toteutuminen

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseen (1c): Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet toteutuvat? Kun aloitin tutkimuksen teon ja toteutin empiirisen osan, olin sitoutunut noudattamaan vuoden 1999

opetussuunnitelmaa, jonka rakentamisessa olin ollut mukana. Tämä opetussuunnitelma oli vielä voimassa lukuvuonna 2005-2006 yhdeksäsluokkalaisilla. Työskentelyä varten jaoin opetussuunnitelmassa mainitut (Anon.1999, 38) kaikki fysiikan opetuksen tavoitteet kolmeen osaan: 1) tiedot 2) taidot 3) maailmankuva, arvot ja asenteet. Jaottelu vastaa lukion 1981 opetussuunnitelmassa mainittua jaottelua (Anon.1981, 48). Koska maailmankuva on yksilöllinen ja kokemuksellinen, sijoitin sen samaan luokkaan arvojen ja asenteiden kanssa. Taulukossa 26 (LIITE 4) näkyy fysiikan opetuksen tavoitteiden luokittelu edellä mainittuihin luokkiin.

Tavoitelauseiden määrrien perusteella tehty jaottelu (LIITE 4: taulukko 26) osoittaa, että opettajalle haasteellisia arvotavoitteita on noin kolmasosa tavoitteista. Tavoitteena on, että oppilas tiedostaa ympäristöön liittyviä asenteitaan ja arvojaan, hän pystyy muovaamaan niitä ja tunnistaa asenteidensa merkityksen. Tavoitteena on myös, että oppilas innostuu fysiikan opiskelusta. Nämä tavoitteet liittyvät itsetuntemukseen ja yksilötavoitteisiin. Fysiikan opetuksen tavoitteena on harjoittaa myös taitoja kuten tiedonkäsittely, kokeellinen työskentely sekä sosiaalisia taitoja. (Anon.1999a, 38.)

Luokittelin myös fysiikan kurssiarvioinnin saman luokituksen mukaan (taulukko 9). Soveltamistaidot vaativat hyvää aineen hallintaa, joten luokittelin ne taitojen lisäksi myös tietoihin. Käsitteistä puhuminen on myös taito, joten luokittelin senkin tietoihin ja taitoihin. Luokitteluni mukaan fysiikan kurssiarvioinnissa otetaan huomioon tasapuolisesti tietojen ja taitojen ohella oppilaan käsityksiä fysiikan merkityksestä.

Taulukko 9. Fysiikan opetuksen kurssiarvioinnin luokittelu vuoden 1999 opetussuunnitelman pohjalta tulkintani mukaan

<i>Maailmankuva ja asenteet</i>	<i>Tiedot</i>	<i>Taidot</i>
Fysiikassa ja kemiassa arvioidaan oppilaan käsityksiä fysiikan ja kemian merkityksestä.	Fysiikassa ja kemiassa arvioidaan oppilaan fysiikan ja kemian tietoja.	Fysiikassa ja kemiassa arvioidaan fysiikan ja kemian soveltamistaitoja.
Arvioinnissa otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon myös oppilaan osoittamat asenteet ja arvot.	Arviointiin vaikuttaa myös, miten oppilas käyttää suullisesti fysiikan ja kemian käsitteitä erilaisissa tunti-ilanteissa.	Lisäksi arvioidaan tiedonkäsittelyn, kokeellisen työskentelyn sekä muiden oppimista tukevien taitojen kehittymistä.
	Fysiikassa ja kemiassa arvioidaan fysiikan ja kemian soveltamistaitoja.	Oppilasta harjaannutetaan arvioimaan omaa työskentelyään ja oppimistaan.
		Arviointiin vaikuttaa myös, miten oppilas käyttää suullisesti fysiikan ja kemian käsitteitä erilaisissa tunti-ilanteissa.

Seuraavaksi kysyin, miten fysiikan opetuksen tavoitteet näkyvät opetussuunnitelman sisällöissä, joita kuvaa ”arvosanan 8” -kriteerilauseet. Nämä lauseet kertovat opettajalle, mitä tietoja ja taitoja hyvän oppilaan tulee osata ja ymmärtää. Opettaja ottaa ne huomioon kaikenlaisessa arvioinnissa. Vuoden 1999 opetussuunnitelmassa ”arvosanan 8” -kriteerilauseita on 39 (Anon 1999b). Tässä tapauksessa sijoitin kriteerilauseet luokkiin, joissa erotin maailmankuvan arvoista ja asenteista, koska maailmankuvaan liittyy paljon tietoon kuuluvaa ainesta. Sisältölauseet luokittelevat seuraavasti: 1) tiedot 2) taidot 3) maailmankuva ja 4) asenteet ja arvot (Liite 5, taulukot 27 ja 28). Maailmankuvan rakentumiseksi tulkitsin

lauseet, joissa selvästi puhutaan maailmankaikkeuden rakenteesta ja luonnon lainalaisuuksista. Kaikki kriteerilauseet ilmaisevat tiedollisia sisältöjä. Tietojen osaamista kuvataan kriteerilauseissa sanoilla: ymmärtää, tietää, tunnistaa, tuntee, osaa havainnoida, tutkia, selittää, nimetä, käyttää, antaa esimerkkejä, luonnehtia, soveltaa ja arvioida. Taitoja kuvaavia lauseita on 28, joista 9 koskee tiedon käsittelyä ja 17 liittyy kokeelliseen työskentelyyn ja tiedon soveltamiseen: oppilas osaa soveltaa luonnontieteellistä tietoa toiseen ympäristöön. Kuusi lausetta koskee sosiaalisia taitoja. Yhdessä lauseessa mainitaan persoonallinen taito, luovuus. Luovuuden luokittelin myös arvoihin ja asenteisiin: oppilas osaa hyödyntää luovuutta arkielämän tilanteissa, esimerkiksi ideoitaessa sähkön säästämistä. Muita asenne- ja arvolauseita löysin 3 kappaletta: oppilas osaa arvioida energiavarojen käytön yhteiskunnallisia vaikutuksia, oppilas osaa arvioida erilaisten voimalaitosten hyötyjä ja haittoja, tuntee valon ja äänen merkityksen ihmisen ja yhteiskunnan kannalta. Tarkastelin maailmankuvan muodostumista erikseen, vaikka se liittyy tiedollisiin tavoitteisiin (maailman rakenteet ja lait), taitoihin (osaa ilmaista) ja myös asenteisiin (tietää merkityksiä). Maailmankuvan rakentumiseen luokittelin 13 kriteerilauseita, jotka koskivat maailmankaikkeuden rakennetta (2 kpl) sekä luonnonlakeja (11 kpl).

Hyvän osaamisen kriteerilauseista vuoden 1999 opetussuunnitelmassa kaikki liittyvät tietoihin, noin 70% kuvaa myös taitoja, 30 % liittyy erityisesti maailmankuvan rakentumiseen ja vain vajaa kymmenesosa asenteita ja arvoja (0,1 %). Opetussuunnitelmasta puuttuvat arvo- ja asennekasvatuksen sisältöalueet melkein kokonaan, vaikka ne ovat tavoitteissa mukana. Opettajan on helpompi arvioida oppilaan tietoja ja taitoja kuin arvoja ja asenteita. Opetussuunnitelma ei ohjaa opettajaa niiden arviointiin.

Vuoden 1999 opetussuunnitelmassa hyvän osaamisen -kriteerilauseista kaikki asennekriteerit liittyvät luonnontieteen oppiaineeseen ja sen merkitykseen ymmärtämiseen ihmisen ja yhteiskunnan kannalta. Luovuus ja sosiaaliset taidot voidaan myös luokitella fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteisiin, joten fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet liittyvät koulun yksilöllisiin ja sosiaalisiin kasvatustavoitteisiin sekä fysikaalisen tiedon luonteeseen. Seuraavaksi tarkastelen fysiikan luonnetta, joka mainitaan opetussuunnitelmien tavoitteissa.

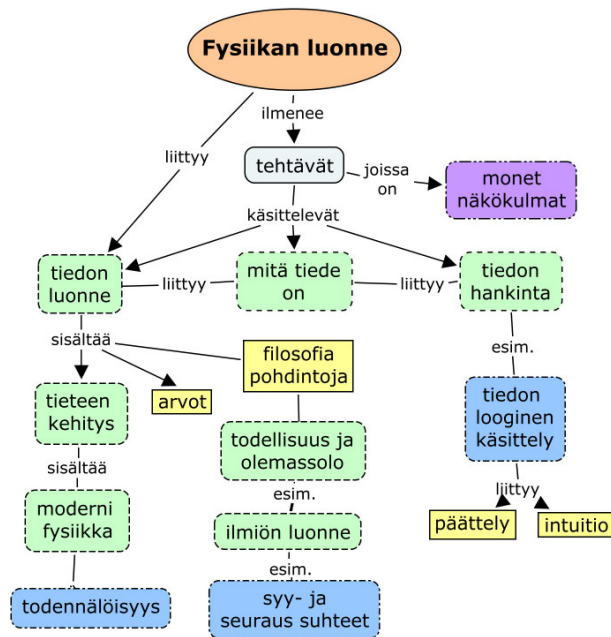
Fysiikan luonne

Aikaisemmin käsittelin sitä, mitä tarkoittaa fysiikan opetussuunnitelmissa mainittu fysikaalisen tiedon luonne, fysiikan luonne (kappale 2.6.2). Tämän tekstin keskeiset asiatiedot olen taulukoinut ja pelkistänyt avainsanoiksi (taulukko 10): *tieteen luonne ja kehitys, tiedon luonne ja hankinta, tiedon looginen käsittely, moderni fysiikka, todennäköisyys, syy- ja seuraussuhteet, monet näkökulmat, intuitio, olemassaolo, todellisuus ja arvot.*

Taulukko 10. Käsityksiä fysiikan luonteesta ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Käsityksiä fysiikan luonteesta</i>	<i>avainsana</i>
Tärkeää on, että tuleva opettaja tiedostaa fysiikan luonteeseen ja fysikaalisen tiedon saavuttamiseen liittyvät moninaiset näkökulmat (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135). Uuden näkökulman tarve on huomattu opettajainkoulutuksessa. Perinteiset fysiikan kurssit eivät yksin tarjoa kaikkia tarvittavia näkökulmia, joita hyväksi opettajaksi kehittyminen vaatii. (Nivalainen & Hirvonen 2003, 130.)	tieteen luonne tiedon hankinta tiedon luonne monet näkökulmat
Perinteinen yliopisto- opetus ei riittävästi painota ilmiöiden ja kvalitatiivisten mallien tarkastelua (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135).	ilmiön luonne
Tieteellisen prosessi tähtää ympäristön käsitteelliseen jäsentämiseen ja ilmiöiden ymmärtämiseen (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 144-146).	tiedon looginen käsittely
Nykyaikaisen maailmankuvan muodostumiseen tarvitaan tietoa tieteen kehitymisestä ja modernin fysiikan saavutuksista (Meisalo ym. 2000, 36).	tieteen kehitys moderni fysiikka
Moderni fysiikka tuo tapahtumille todennäköisyys- käsitteen, mikä on luonteenomaista myös humanististen tieteiden tutkimukselle (Feynman 1991, 20-21).	todennäköisyys
Fysiikan ja kemian opetussuunnitelmassa toistuu lähes tiedeyhteisön työskentelyä muistuttava suhtautuminen fysiikkaan. Myös asioiden välisten syy-seuraussuhteiden ymmärtämistä painotetaan. (Kurki- Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 249-252.)	syy- ja seuraus suhteet
Fysiikan käsitteiden muodostusprosessissa tärkeänä osana on ajattelu, joka yhdistää teorian ja kokeellisuuden sekä luova intuitio (Kurki- Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 249-252).	päätely intuitio
Perinteisessä klassiseen fysiikkaan rajoittuvassa fysiikan opetuksessa filosofisia pohdintoja on vähän (Virrankoski 1996, 16). Filosofia tutkii tietoa ja tieteellistä menetelmää, olemassaoloa, käsitteiden muodostusta ja merkityksiä, ajattelun lakeja ja arvoja. Luonnontiede tutkii ihmisen tahdosta riippumattomia luonnonlakeja. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 110.)	filosofisia pohdintoja: todellisuus ja olemassaolo
Aineen sisältötieto on käsite, joka sisältää opettajan tiedon opettamansa aineen luonteesta, tiedon lähteistä ja arvoista. Miksi tieto on tietämisen arvoinen? Kuinka tieto liittyy muihin oletuksiin ja teorioihin? (Shulman 1986, 6-14.)	arvot

Avainsanoista olen piirtänyt käsittekartan (Kuvio 4). Fysiikan luonne ilmenee oppilaille annettavissa tehtävissä, joissa käsitellään tiedettä ja tietoa, tieteen kehitystä, tiedonhankintaprosessia, johon liittyvät arvot ja myös intuitio. Fysiikan luonteeseen kuuluu, että fysiikka tieteenä kehittyi, on ajankohtaista ja selittää ympäröivää maailmaa. Nykyaikainen tiede on monitieteellistä ja kokonaisvaltaista. Fysiikan luonteen merkitys selkenee oppilaille, kun heille opetetaan tieteen kehityksestä. Oppilaat saavat käsityksen, miten klassisen fysiikan syy- ja seuraussuhteista edetään modernin fysiikan todennäköisyysperiaatteisiin. Fysiikan asiasisältöjä tulee lähestyä monista näkökulmista ja esiin voidaan ottaa myös filosofisia pohdintoja esimerkiksi todellisuuden luonteesta. Tiedon hankinnan prosessi ja tiedon luonne ovat tärkeämpiä kuin detaljitiedot. Tieto ei ole arvovapaata. Tiedon käsittelyprosessiin liittyy myös intuitiivinen tarkastelu.



Kuvio 4. Käsitekartta fysiikan luonteesta

Käsitekartasta ilmenee (Kuvio 4), että fysiikan merkityksen ymmärtämiseen tarvitaan tietoa fysiikan luonteesta tieteenä, millaisiin kysymyksiin fysiikka voi vastata, miten fysiikka tieteenä kehittyy ja myös tiedon hankinnasta ja tiedon luonteesta: Minkälainen tieto on tieteellistä. Tiedon hankinta prosessiin liittyvät loogiset päättelyprosessit.

Fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennetavoitteet liittyvät sisällöltään fysiikan luonteeseen ja koulun kasvatustavoitteisiin. Maailmankuvan rakentumista tarkastelen myöhemmin erikseen (kappale 6.1.6). Kun yhdistän kasvatustavoitteisiin ja fysiikan luonteeseen liittyvät käsitekartat (Kuvio 2 ja Kuvio 4), voin vastata tutkimuskysymykseen (1c): Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet toteutuvat? Fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet toteutuvat fysiikan opetuksessa käsittelemällä aiheita, jotka liittyvät ihmiseen ja hänen vuorovaikutukseensa ympäristön kanssa sekä käsittelemällä tietoa ja sen luonnetta, ontologisia ja arvokysymyksiä, tieteen kehitystä ja päättelytapoja. Aiheita tulisi lähestyä monista näkökulmista.

6.1.5 Fysiikan kurssien sisällöt ja aihekokonaisuuksien toteutuminen

Tarkastelen fysiikan kurssien sisältöjä. Tarkoituksena on hakea aiheista teemoja ja sisältöalueita, joiden kautta erityisesti koulun kasvatustavoitteet, arvo- ja asennetavoitteet toteutuvat sekä tapahtuu maailmankuvan rakentumista.

Ensin tarkastelen lyhyesti, miten aihekokonaisuudet liittyvät fysiikan sisältöihin. Tämä välivaihe auttaa etsimään fysiikan sisältöjä, joissa kasvatustavoitteet toteutuvat. Aihekokonaisuuksien tulee opetussuunnitelman mukaan toteutua fysiikan opetuksen sisällöissä. Aihekokonaisuudet ovat opetusta eheyttäviä, monipuolisen näkökulman antavia, ajankohtaisia asiakokonaisuuksia, joiden kautta koulun kasvatustavoitteita on helpompi toteuttaa kuin perusfysiikassa. Aihekokonaisuuksien sisällöistä löytyy kasvatustavoitteita

toteuttavia sisältöjä fysiikan opetukseen. On tarpeen selvittää, miten ne voidaan toteuttaa fysiikan opetuksessa.

Taulukossa 11 on esitetty Peltolan koulun fysiikan opettajien työstämiä näkemyksiä aihekokonaisuuksien toteuttamisesta fysiikan opetuksessa. Nämä aihekokonaisuudet on siirretty vuoden 2005 opetussuunnitelmaan (Anon 2005b). Näkemykset muodostuivat ryhmätyön tuloksena ja niihin vaikuttivat työskentelyni oman opetukseni tutkijana. Aihekokonaisuuksien sisältöjä ja tavoitteita koskevien avainsanojen (taulukot 24 ja 25, LIITE 3) avulla oli helpompi etsiä niihin kunkin aineen sisältöjä. Näyttää siltä, että jotkin aihekokonaisuudet luontuvat hyvin perinteisiin fysiikan oppisisältöihin.

Taulukko 11. Peltolan koulun fysiikan opettajien näkemyksiä aihekokonaisuuksien toteuttamisesta fysiikan opetuksessa

<i>Aihekokonaisuus</i>	<i>Toteutuminen fysiikan opetuksessa</i>
1. Ihmisenä kasvaminen	Kaikki fysiikan opetus (havainnointi, oppimistyyli, päättely, vuorovaikutustaidot, valintojen teko ym.)
2. Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys	Kaikki fysiikan opetus, tähtitiede (luonnontieteen historia, tieteen kieli, Suomen teollisuus)
3. Viestintä ja mediataito	Valo, ääni, sähkö, kaikki opetus (keskustelu, tutkielmat, kriittinen tiedonhankinta ja -tulkinta ym.)
4. Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys	Kaikki fysiikan opetus, erityisesti energia ja sähkö
5. Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta	Ympäristökurssi, energia, sähkö, ympäristö (yritysyhteistyö)
6. Turvallisuus ja liikenne	Mekaniikka, sähkö, ydinfysiikka, valo, ääni (arkifysiikka, sähkö- ja liikenneturvallisuus)
7. Ihminen ja teknologia	Kaikki fysiikan opetus (arkifysiikka, teollisuus, keksintöjen historia)

Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys -aihekokonaisuuden näkökulmat näkyvät fysiikan opinnoissa siinä, että fysiikka ja luonnontieteet ovat tärkeä osa kulttuuria. Tähtitiede, keksinnöt ja tieteen kehityksen näkökulma liittyvät oleellisesti fysiikan opintoihin. Fysiikan tunneilla voidaan käsitellä myös eri maiden ja Suomen teollisuutta.

Viestintä ja mediataito -aihekokonaisuus liittyy valo-, ääni-, ja sähköopin opetukseen. Tavoitteena on erityisesti ilmaisu- ja vuorovaikutustaitojen harjoittaminen, mikä liittyy kaikkeen luonnontieteen opetukseen. Kieli on tärkein väline oppimiseen. Minulla on kokemuksia, joissa oppilaat, jotka ovat pärjänneet äidinkielessä huonosti, ovat kirjoittaneet fysiikan aiheista erinomaisia kirjoitelmia esim. ”Mitä tapahtuisi, jos ei olisi sähköä (Kärnä ym. 1998b, 6)”. Kun oppilaat ottavat omakseen uudet fysiikan käsitteet, silloin puhe- ja kirjoitustaidot ovat hyviä ilmasukeinoja, joita tulee harjoittaa koko opetuksen ajan.

”Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys” -aiheessa on tavoitteena saada oppilaat tietoisiksi yhteiskunnan päätöksentekoprosessista ja mahdollisesti osallistumaan siihen. Teknologian opetukseen liittyy myös yhteiskunnallinen näkökulma.

Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä kehityksestä -aihekokonaisuuden teemat painottuvat yhteiskuntaan. Omassa koulussani vuonna 2005 fysiikan ja kemian opetukseen tuli uusi fysiikan ja kemian yhteinen ”Ympäristö” -kurssi, jossa voidaan toteuttaa tämä aihekokonaisuus. Muuten aihekokonaisuus liittyy energian ja sähkön opetukseen.

Kun mekaniikan kurssiin sisällytetään ”Turvallisuus ja liikenne” -aihekokonaisuuden näkökulma, kurssi laajenee sisältämään liikennetietoutta, turvallista käyttäytymistä liikenteessä ja myös asennekasvatusta. Myös muihin fysiikan oppisisältöihin erityisesti sähköön ja ydinfysiikkaan liittyy turvallisuusnäkökanta, samoin kaikkiin teknologian ja kemian prosesseihin.

Ihminen ja teknologia-aihe sisältyy kaikkeen fysiikan ja kemian opetukseen. Teknologia sisältää kaikki kulttuurissamme käytetyt tuotteet, kuten ruuan, hygienian, vaatteet, rakennukset, lämmityksen, valaistuksen ja viestinnän sekä tuotantolaitokset, joissa tuotetaan energiaa tai kulutustavaroita. Aihekokonaisuus toteutuu, kun opettaja ottaa huomioon myös teknologisen näkökulman.

Ihmisenä kasvaminen -aihekokonaisuus liittyy eniten oppilaan persoonallisiin kasvatustavoitteisiin ja on tämän tutkimuksen kohteena, ja olen käsitellyt aihetta kappaleessa 6.1.3. Muita koulun yleisiä kasvatustavoitteita sisältäviä aihekokonaisuuksia ovat ”Viestintä ja mediataito” -aihekokonaisuus, joka sisältää sosiaalisia kasvatustavoitteita, kuten esimerkiksi omien ajatusten ilmaisua ja ”Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta” -aihekokonaisuus, joka edellyttää vastuullisuutta itsestä ja ympäristöstä. Erityisesti näiden aihekokonaisuuksien aineksia sijoitin fysiikan valinnaiskursseille. Aihekokonaisuuksien keskeiset tavoitteet, sisällöt ja toteutumistapoja näkyvät myös käsitekartassa (kappale 6.1.3, Kuvio 3).

6.1.6 Kokonaisvaltainen maailmankuva tutkimuksessani

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseen (1d): Miten peruskoulun fysiikan oppiainesta voidaan laajentaa niin, että se antaa aineksia realistisen nykyaikaisen maailmankuvan muodostamiseen? Maailmankuvaa ja siihen liittyviä määritelmiä käsitelin teoreettisessa viitekehityksessä (kappale 2.6.3). Näyttää siltä, että tieteellisen maailmankuvan määritelmä ei opetussuunnitelmien mukaan riitä fysiikanopetuksessa maailmankuvan määritelmäksi. Esimerkiksi kestävä kehityksen päämääriin liittyy jo käsityksiä hyvästä ja pahasta, arvoteoriaa. Ja yksilölliset koulun kasvatustavoitteet, kuten vastuuntunnon, itsetuntemuksen, yhteistyökyvyn ja elämän arvostamisen tavoitteet, koskevat myös fysiikan opetusta. Koulun ainejärjestelmä tukee jaottelua: fysiikassa opetetaan maailman rakenteita ja uskonnossa arvoja. Nykyinen opetussuunnitelma ja aihekokonaisuudet kertovat kokonaisnäkökulman mahdollisuudesta: se mahdollistaa fysiikan oppitunneilla antamaan aineksia kosmologisen maailmankuvan, kokonaisvaltaisen maailmankuvan muodostumiseen. Tämä sisältää myös maailmankatsomuksellisia aineksia. Fysiikan opetuksen kokonaisvaltaisuudesta kertoo sana fysiikka: Kreikankielinen sana ”fysis” tarkoittaa luontoa, pyrkimystä kaikkien asioiden olennaisen luonnon oivaltamiseen.

Nykyaikaisen maailmankuvan muodostumista varten ilmiöt fysiikan tunneilla voidaan esitellä laajasta näkökulmasta ja tuoda esiin myös erilaisia yhteiskunnallisia, kulttuurillisia ja arvonäkökulmia. Ihmisen suhde yhteiskuntaan tulee esiin fysiikan opetuksessa teknologisten sovellusten yhteydessä. Niiden on tarkoitus palvella ihmisen hyvinvointia muistaen myös luonnon hyvinvoinnin, joten niihin liittyy kestävä kehityksen arvoja. Fysiikan ja teknologian kehitys on kehittänyt myös yhteiskuntaa ja siten ihmisten maailmankuvaa. Todellisuudenkuva on muuttunut.

Savinaisen (2003) mukaan fysiikan peruskäsitteet opitaan usein liian suppeassa asiayhteydessä. Jos näkökulmia laajentaa, opiskelusta tulee kiinnostavampaa. Savinaisen (2003) mukaan kunnan fysiikan ongelmiin ei löydy vastauksia oppikirjoista. Esimerkiksi Einsteinin suhteellisuusteorialla on merkitystä paitsi fysiikan tutkimuksessa myös

yhteiskunnallisesti ja poliittisesti, sillä se liittyy keskusteluun atomipommista. (Savinainen 2003, 10-11.)

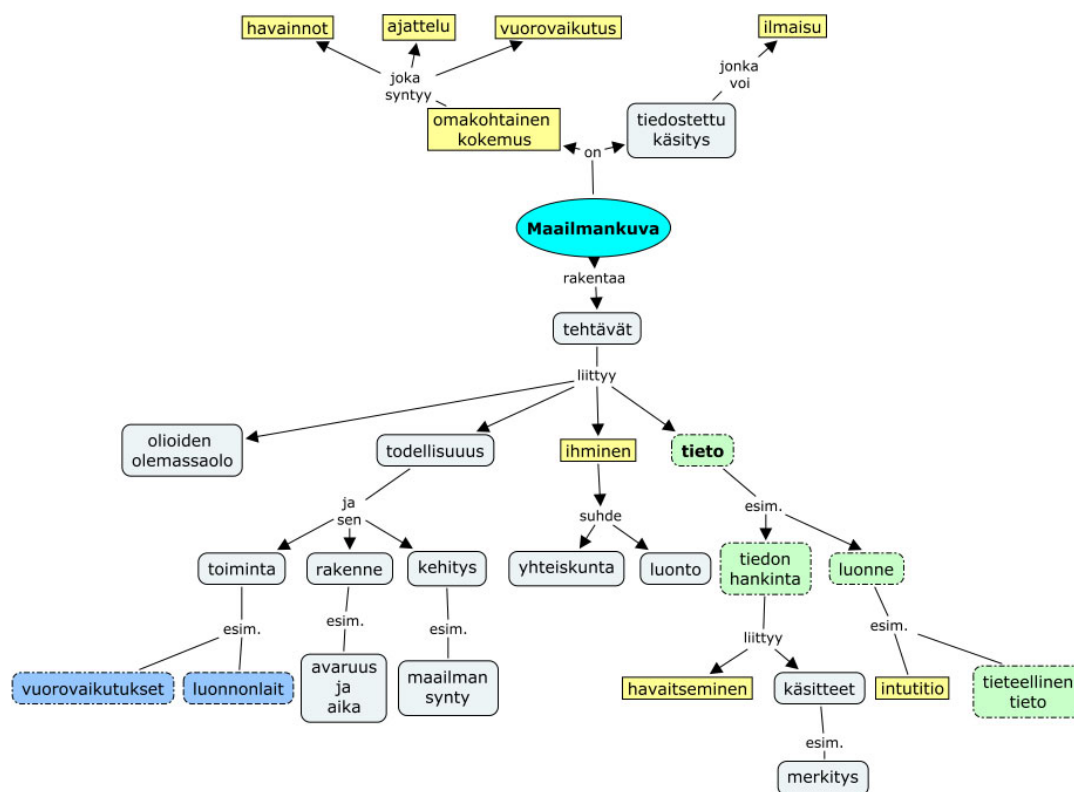
Määrittelen maailmankuvan muodostumiseen tarvittavat aineistot Mannisen, Niiniluodon ja Kurki-Suonion määritelmiä mukaillen ja ottaen huomioon koulun opetussuunnitelman (vrt. kappale 2.6.3). Koska määritelmä on pitkä ja sisältää paljon tietoa, olen pelkistänyt sen avainsanoiksi. Tulkintaprosessini näkyy taulukossa 12.

Taulukko 12. Kokonaisvaltaista fysiikanopetusta varten kehittämäni maailmankuva

<i>Maailmankuvaan kuuluvia asioita</i>	<i>avainsana</i>
Ihminen ja hänen suhteensa luontoon ja yhteiskuntaan (Manninen 1987, 129-138).	ihminen, suhde ympäristöön
Tiedostaminen, miten ihminen tiedostaa maailmankuvaansa, arvojaan ja asenteitaan (Niiniluoto 2002, 85).	tiedostaminen
Todellisuuden ja olioiden olemassaolo ja suhde (Niiniluoto 1994, 144).	olemassaolo: oliot ja todellisuus
Todellisuuden kehitys: maailman synty (Niiniluoto 1994, 144; Manninen 1987, 129-138; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372).	todellisuuden kehitys, maailman synty
Todellisuuden rakenne: avaruus ja aika (Niiniluoto 1994, 144; Manninen 1987, 129-138; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372).	todellisuuden rakenne, avaruus ja aika
Todellisuuden toiminta: vuorovaikutukset ihmisten ja luonnon välillä, luonnonlait kuten kausaalisuus (Niiniluoto 1994, 144; Manninen 1987, 129-138; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372).	vuorovaikutukset, luonnonlait (kausalisuus).
Tiedon hankinta ja luominen: havaitsemisen tavat, käsitteet ja niiden merkitykset, tieteellinen tieto, tiedon rajat, intuitio (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372).	tiedon hankinta, havaitseminen, käsitteet, merkitykset, tiede, tieto ja rajat, intuitio

Maailmankuvalla tarkoitetaan luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa koskevia järjestelmällisiä oletusten ja tietojen kokonaisuutta, joka koostuu tiedostetuista väitteistä. Nämä uskomukset koskevat sitä, millaisista olioista tai aineksista maailma muodostuu, miten maailma on syntynyt ja kehittynyt ja millaisia säännönmukaisuuksia ja lakeja siinä vallitsee. Maailmankuvan osa, todellisuudenkuva on käsitysjärjestelmä, joka koostuu maailmankaikkeuden olemassaoloa, rakennetta, luonnetta ja merkitystä sekä tiedon hankintaa koskevista kysymyksistä. Fysiikan opetuksen maailmankuvaan kuuluu ja myös maailmankatsomuksellisia näkökulmia, esimerkiksi käsitys hyvästä ja pahasta, oikeasta ja väärästä, näkemys ihmisen tehtävistä maailmassa, käsitykset ihmisen suhteesta luontoon, yliluonnolliseen, kulttuuriin ja yhteiskuntaan. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372; Manninen 1987, 129-138; Niiniluoto 2002, 8; Niiniluoto 1994, 144.)

Olen piirtänyt maailmankuvan avainsanoista käsitekartan, jotta voisin verrata kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen kuuluvia käsitteitä fysiikan opetussisältöjen löytämiseksi (Kuvio 5). Paitsi ihmiseen (suorakaiteen muoto ja keltainen väri), vuorovaikutuksiin (katkoviiva, vihreä väri) ja tietämiseen (äärivivana piste-viiva, sininen väri) liittyviä käsitteitä, maailmankuvan rakentamiseen liittyy tietoa todellisuudesta, sen kehityksestä ja toiminnasta ja myös filosofisia kysymyksiä, muun muassa olioiden olemassaolosta. Käsitekartan mukaan realistisen nykyaikaisen maailmankuvan muodostamiseen (tutkimuskysymys 1d) tarvitaan oppiainesta, joka käsittelee todellisuuden rakennetta ja toimintaa, olemassaoloa koskevia kysymyksiä, ihmistä osana luontoa, tietoa, sen luonnetta ja hankintaprosessia, muun muassa havaintojen tekemistä.



Kuvio 5. Käsitekartta maailmankuvasta

Maailmankuva on omakohtainen (kappale 2.6.3, Kuvio 5) ja kokemusperäinen, ja se muodostuu omien havaintojen, ajattelun ja pohdintojen kautta vuorovaikutuksessa ihmisten ja ympäristön kanssa. Oppilaat tiedostavat arvojaan, asenteitaan, uskomuksiaan, tunteitaan ja tarpeitaan, yleensä itselle tärkeitä asioita. Heidän havaintokykynsä, ajattelunsa, päättelykykynsä ja omien näkemysten ilmaisutaito kehittyy. Nämä taidot liittyvät tiedonhankinnan prosessiin. Maailmankuvan muodostumiseen oppilaat tarvitsevat tietoa, jotka antavat laajoja näkökulmia olemassaoloon, todellisuuteen, sen syntyyn, rakenteeseen ja kehitykseen. He tarvitsevat tietoa todellisuuden toimintamekanismeista, tieteen tuottamista luonnonlaeista ja niiden rajoista.

6.1.7 Didaktiikka

Olen käsitellyt koulun opetussuunnitelman yleisiä kasvatustavoitteita, fysiikan opetussuunnitelmaa ja siihen kuuluvia asioita (kappaleet 6.1.2-6.1.6). Tässä kappaleessa tarkastelen muita kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen kuuluvista asioista (Kuvio 1, kappale 2.2.1): motivaatio ja kiinnostavuus, oppimiskäsitys ja fysiikan didaktiikkaa sekä fysiikan opetuksen tutkimusta.

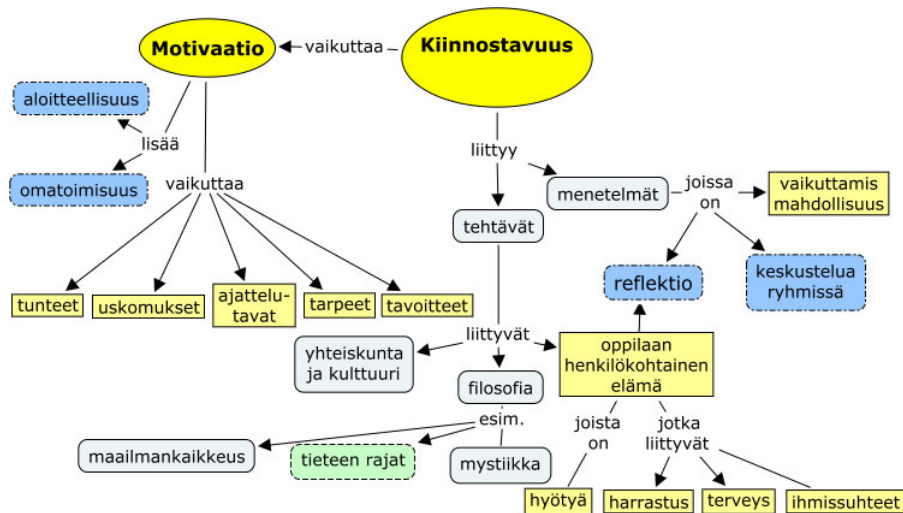
Motivaatio ja kiinnostavuus

Olen tarkastellut motivaatiota teoriaosassa (luku 2.5) ja keskeistä tekstiä pelkistämällä tulkitsen (taulukko 13), että motivaatioon liittyvät avainsanat *uskomukset, ajattelutavat, tunteet, omatoimisuus ja aloitteellisuus*.

Taulukko 13. Motivaatio ja kiinnostavuuden herättäminen ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Motivaatio ja kiinnostavuuden herättäminen</i>	<i>avainsana</i>
Motivaatioon vaikuttavat yksilön tavoitteet, tunteet ja henkilökohtaiset uskomukset (Lepola & Vauras 2002, 15). Tavoitteet vaikuttavat yksilön ajatuksiin, tunteisiin ja käytökseen (Hidi & Harackiewicz 2000, 160-161). Toistuvasti koettujen positiivisten tunne-elämysten ja merkitysten kautta tilannekohtainen kiinnostus voi kehittyä pysyväksi kiinnostukseksi oppiainetta kohtaan (Krapp, Hidi & Renninger, 1992, 3-25).	uskomukset ajattelutavat tunteet käytös
Tilannekohtainen kiinnostus voi johtaa henkilökohtaisen pysyvään kiinnostukseen, kun oppilas esimerkiksi alkaa reflektoida lukemaansa omaan kokemukseensa (Hidi & Harackiewicz 2000, 151-158).	reflektio
Oppilaiden omatoimisuutta, aloitteellisuutta ja itsenäisyyttä tukeva ympäristö edistää sisäisen motivaation kehittymistä (Tynjälä 2002, 109).	omatoimisuus aloitteellisuus
Tyttöjä kiinnostavat aiheet, jotka liittyvät luontoon ja ilmiöt, joita voidaan havaita aistien avulla (Hoffmann 1997).	havaitseminen luonto
Kun fysiikka liitetään kulttuuriin ja filosofiaan, niin kurssit tarjoavat perusteet historialliseen ja maailmankatsomukselliseen lähestymistapaan fysiikan ja tieteen opetuksessa. Lisäksi opiskelijat oppivat uusia suhtautumistapoja muuttuviin olosuhteisiin ja muuttuviin ongelmiin. (Kumar & Brown 1999, 365-368.)	yhteiskunta ja kulttuuri filosofia maailmankaikkeus
Eniten oppilaita kiinnostavat mystiset ilmiöt, terveyteen liittyvät ilmiöt ja tähtitiede (Lavonen, ym. 2005e; Lavonen ym. 2005c).	tieteen rajat, mystiikka terveys,
Oppilaat olivat kiinnostuneita keskustelusta pienissä ryhmissä, heitä kiinnosti ajattelun taitojen kehittäminen, aineiston hyödyllisyys ja osallistumien kurssin suunnitteluun (Lavonen ym. 2005d, 221-224; 2005e, 16-20).	henkilökohtainen elämä, hyöty vaikuttaminen
Oppilaita kiinnostaa läheisesti omaan elämänpiiriin ja ihmisyyteen kuuluvat asiat, joita pohditaan yhdessä (von Wright 1986, 243-247). Tyttöjä kiinnostavat ihmiseen liittyvät asiat, joista myös pojat olivat kiinnostuneita (Juuti, Lavonen & Meisalo 2004, 38-41). Tytöt pitivät tärkeinä ihmisiin, sosiaalisiin aiheisiin ja teknisiin sovellutuksiin koskevia sisältöjä (Hoffmann 1997).	oma elämä ihmissuhteet tekniset sovellukset
Yhteistoiminnallista oppimista koskevan tutkimuksen tulokset osoittavat, että ryhmäopetusmenetelmä vaikuttaa myönteisesti oppilaiden opiskelumotivaatioon sekä myös oppimistuloksiin ja sosiaalisiin suhteisiin (Sharan & Sahlberg 2002, 393).	keskustelu ryhmissä

Käsittelin myös kiinnostavuuden herättämisestä tehtyjä tutkimuksia ja pelkistän (taulukko 13) tutkimustulokset oppilaita kiinnostavista aiheista avainsanoiksi *yhteiskunta ja kulttuuri, filosofia, maailmankaikkeus, tieteen rajat, mystiikka, henkilökohtainen elämä, hyöty, harrastus, terveys ja ihmissuhteet*. Menetelmät, jotka herättävät oppilaassa kiinnostusta ovat *keskustelu ryhmissä, vaikuttaminen ja itsereflektio*. Näistä sanoista olen tehnyt käsitekartan (Kuvio 6).



Kuvio 6. Käsitekarta kiinnostavuudesta ja motivaatiosta

Kiinnostavuuden perusteella opettajan tulee luoda oppimisympäristö, joka tukee oppilaiden henkilökohtaista kasvua siten, että he tiedostavat arvojaan, asenteitaan, uskomuksiaan, tunteitaan, tarpeitaan ja itselle tärkeitä asioita. Heidän havaintokykynsä, ajattelunsa, päättelykykynsä ja sen ilmaiseminen kehittyvät. Tehtävien tulisi liittyä edellä mainittuihin tavoitteisiin. Aihepiiri voisi liittyä oppilaiden henkilökohtaiseen elämään, ihmissuhteisiin, harrastuksiin ja terveyteen, aiheisiin, joista oppilaat kokevat hyötyvänsä. Tehtävissä voisi olla filosofisia kysymyksiä koskien maailmankaikkeutta ja tieteen rajoja sekä mystisiä kysymyksiä. Fysiikan aineiston tulisi käsitellä myös yhteiskuntaan ja kulttuuriin liittyviä aiheita.

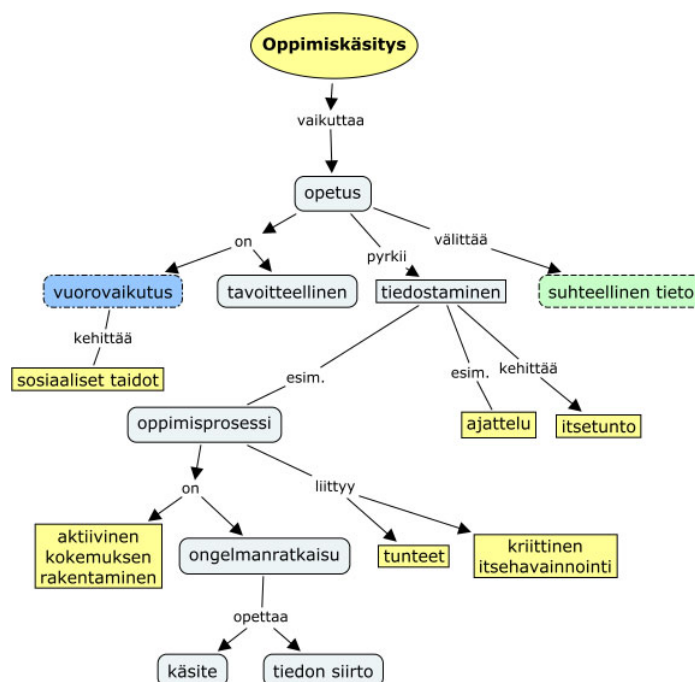
Opetusmenetelmä olisi keskustelu, omien tutkimusten teko ja se, että oppilaat saisivat itse vaikuttaa kurssin sisältöön. Fysiikan tehtävissä kiinnostavuuden huomioon ottaminen merkitsee tehtäviä, joissa voidaan tuoda esille useita vaihtoehtoisia arkielämään liittyviä näkökulmia.

Yhteenveto oppimiskäsityksistä

Olen käsitellyt oppimiskäsityksiä teoriaosassa (luku 2.4), lähinnä konstruktivismia ja sosiokulttuurista oppimiskäsitystä. Taulukkoon 14 olen valinnut oppimiskäsityksistä keskeiset asiat ja pelkistänyt avainsanoiksi *tavoitteellisuus*, *erilaiset maailmankuvat*, *absoluuttinen ja suhteellinen totuus*, *oman ajattelun ja toiminnan tiedostaminen*, *tiedon siirto arkielämän tilanteissa*, *kokemus*, *aktiivisuus*, *vuorovaikutus*, *kriittinen itsehavainnointi ja arviointi*. Näistä avainsanoista olen piirtänyt käsitekartan (Kuvio 7).

Taulukko 14. Yhteenveto oppimiskäsityksistä ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeisiä ajatuksia oppimisesta</i>	<i>Avainsana</i>
Opetus on intentionaalista, tavoitteellista, toimintaa (Aho 2002, 27).	tavoitteellisuus
Konstruktivinen maailmankuva on erilainen klassisen fysiikan maailmankuvasta: Luotettavaa tietoa saadaan havaintojen ja tieteellisesti suunniteltujen tutkimusten avulla. Absoluuttista totuutta ei voida koskaan saavuttaa. (Meisalo, Sutinen & Tarhio 2000, 36.)	erilaiset maailmankuvat: absoluuttinen ja suhteellinen totuus
Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan opettajan tehtävä on auttaa oppilasta tiedostamaan ajatteluaan ja oppimisstrategioitaan (Ruohotie 2000, 185).	oma ajattelun ja toiminnan tiedostaminen
Abstraktien käsitteiden oppiminen konkreettisen ongelmanratkaisun yhteydessä tukee käsitteen siirtoa uuteen tilanteeseen (Rebello ym. 2005, 240-241).	tiedon siirto arkielämän tilanteissa
Opettajajohtoisen opetuksen sijaan tieto etsitään vuorovaikutuksessa (Säljö 2004, 15-18).	vuorovaikutus
Kokemus on oppimisen perusta. Opiskelijat rakentavat aktiivisesti kokemuksiaan (Rauste-von Wright ym. 2003, 20).	kokemus, aktiivisuus
Elämänhistorian aikana syntyneiden kokemusrakenteiden tiedostaminen ja kriittinen reflektointi saattavat johtaa uudistuvaan oppimiseen ja toimintakäytänteiden muuttumiseen (Ruohotie 2000, 185).	kriittinen itsehavainnointi ja arviointi



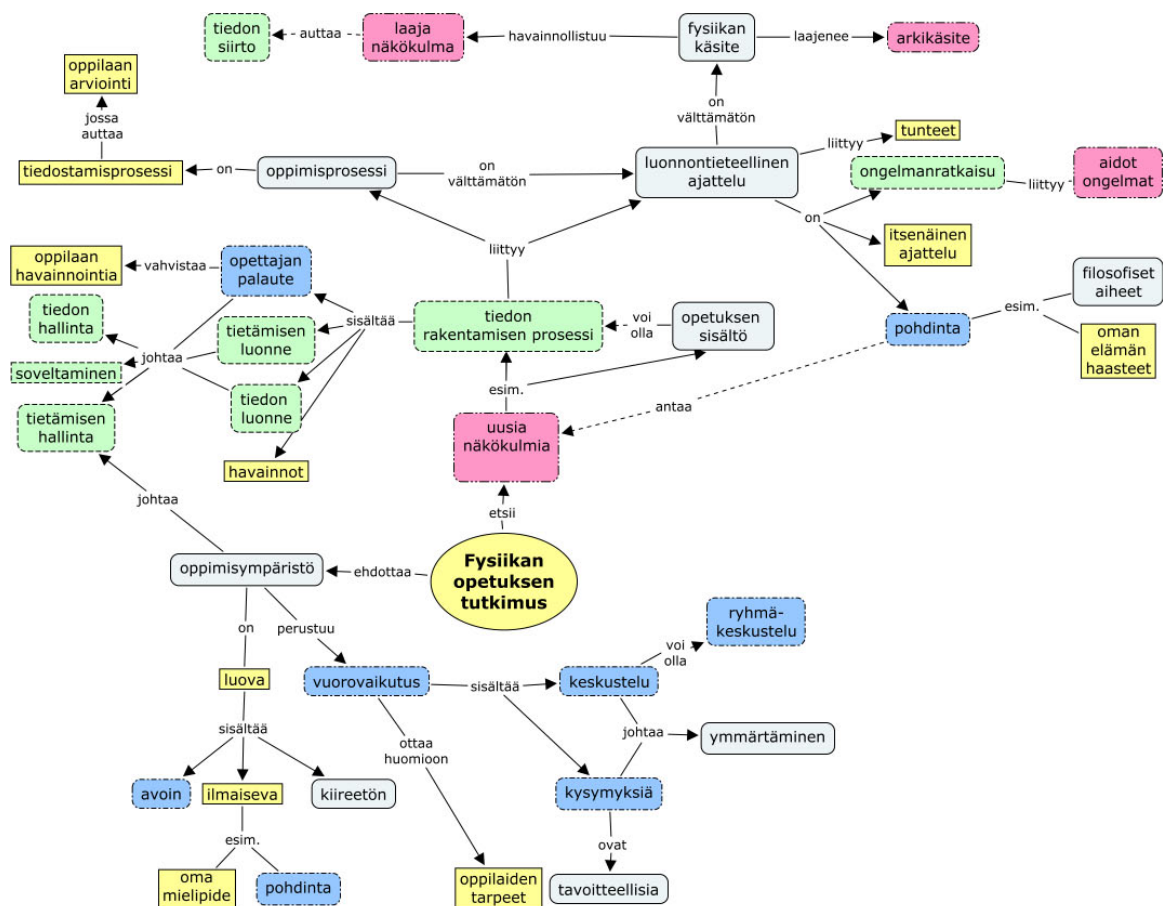
Kuvio 7. Käsitekartta oppimiskäsityksistä

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppimisesta tapahtuu (Kuvio 7), kun oppilas tiedostaa ajatteluaan ja oppimisprosessiaan, joka on parhaillaan ongelmanratkaisua. Tunteet ja kriittinen itsehavainnointi liittyvät oppimiseen, joka tapahtuu vuorovaikutuksessa opettajan ja muiden oppilaiden kanssa. Tunteita ja kokemuksia painotetaan myös opetussuunnitelmassa oppimisen edistäjänä (esim. Anon. 1986, 9). Tämän perusteella oppimisen kannalta tärkeitä

ovat tehtävät, jotka auttavat oppilasta tiedostamaan ajatteluaan, oppimistaan ja tunteitaan ja jotka auttavat häntä itsehavainnointiin, asettamaan tavoitteita ja olemaan aktiivinen osallistuja. Opetus kehittää itsetuntoa ja sen tulee välittää myös tietoa tiedon suhteellisesta luonteesta.

Fysiikan didaktiikka

Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta (luku 3) olen käsitellyt keskeisiä fysiikan opetuksen tavoitteita, kuten luonnontieteellisen ajattelun kehittymisestä, käsitteiden ja tiedon luonteen ymmärtämisestä ja tiedon siirtoa. Opetusmenetelmien kehittämisestä olen tarkastellut tutkivaa oppimista, ongelmanratkaisua, vuorovaikutteinen fysiikan opetusta, kokemuksellista opetusta ja palautteen merkitystä. Sitten käsitteelin fysiikan opetuksen tehtävien luonnetta. Nämä asiat ovat fysiikan didaktikkaan kuuluvia ja olen tehnyt yhteenvedon näistä fysiikan opetuksen haasteista (luku 3.4). Yhteenvedon perusteella olen piirtänyt käsitekartan fysiikan opetuksen tutkimuksen keskeisistä piirteistä (Kuvio 8). Kartassa esiintyvät käsitteet olen saanut pelkistämällä keskeisiksi tulkitsemiani asioita. Taulukoissa näkyy, miten olen pelkistänyt asiat avainsanoiksi (taulukot 29, 30 ja 31, LIITE 6).



Kuvio 8. Käsitekartta fysiikan opetuksen tutkimuksesta

Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimus etsii fysiikan opetukseen uusia sisältöjä tiedon rakentamisen prosessista ja laajoista näkökulmista fysiikan käsitteiden opetuksessa. Opetuksen tulisi lähteä aidoista ongelmista ja siinä tulisi käsitellä myös arkielämän käsitteitä (piste-viiva- äärioviiva, violetti väri). Fysiikan opetuksen tutkimuksesta nousevat esiin ihmiskeskeiset näkökulmat (suorakaiteen muoto, keltainen väri), opetuksen vuorovaikutteisuus (piste-viiva- äärioviiva, sininen väri) ja tiedon luonteen tutkiminen (katkoviiva, vihreä väri).

6.1.8 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt ja niiden toteutumistapoja

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseen 1: Missä peruskoulun fysiikan sisällöissä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteet toteutuvat? Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen pääpiirteet saan yhteenvedona tässä luvussa esitetyistä käsitekartoista (Kuviot 2-8), joissa näkyvät kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen osa-alueet. Käsitekarttojen muodostamisen takana olevaa teoriaa ja perustelua sisällönanalyysin tuloksille esittelen kappaleessa 6.2.2.

Piirtämäni käsitekartat ovat tulkintaani siitä, mitä kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältää. Fysiikan opetuksen ja oppimisen tutkimuksesta tehty käsitekartta (Kuvio 8) vastaa fysiikan didaktiikkaa (opetuksen tavoitteet, menetelmät, sisältöjä). Didaktiikan kohteena on opetustapahtuman kokonaisuus, aina tavoitteista opetuksen tuloksiin, joista oppiminen on keskeisin (Kansanen 2004, 8). Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen yhteydessä tarkastelen kaikkia opettajan tiedon sisältötiedon osioita. Kun vertaan kaikkia käsitekarttoja toisiinsa, huomaan yhteisiä käsitteitä. Näiden avulla voin perustella aiheita, jotka toteuttavat kokonaisvaltaista fysiikanopetusta. Kuvioissa 2-8 on merkitty

- suorakaiteen muodolla (keltainen väri) käsitteet, jotka liittyvät ihmiseen,
- piste-viiva-äärioviivalla (sininen väri) vuorovaikutukseen liittyvät käsitteet,
- katkoviivalla (vihreä väri) käsitteet, jotka liittyvät tietoon ja tietämiseen,
- katkoviivalla, jossa on kaksi pistettä ja kaksi viivaa (violetti väri) käsitteet, joissa on uusia näkökulmia ja arkielämän ongelmia.

Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa otetaan huomioon kaikki opetussuunnitelman kasvatustavoitteet, kuten koulun yleiset kasvatustavoitteiden ja fysiikan opetussuunnitelman arvo- ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentumisen tekijät. Kun kaikki nämä tavoitteet otetaan huomioon, käsitekarttojen perusteella voi tehdä seuraavia johtopäätöksiä: Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen lähtökohta tulisi olla ihmiskeskeinen, oppilaan omaan elämään liittyvä. Oppilaiden tulee saada ilmaista ajatuksiaan, mielipiteitään ja tunteitaan tullakseen tietoisiksi oppimisprosessistaan. Oppiminen tapahtuu vuorovaikutuksessa. Itsehavainnointi ja opettajan palaute auttavat oppimisprosessin tiedostamisessa. Käsitteitä tulisi opettaa aidoista arkielämän ongelmista käsin siten, että käsitettä lähestytään laajasta näkökulmasta. Tämä mahdollistaa myös tiedon soveltamisen. Oppilaiden tulee saada tietoa myös tiedon hankinnan prosessista alkaen havainnoinnista, vuorovaikutuksista ja tiedon suhteellisesta ja kehittyvästä laadusta. Tähän liittyy käsitys todellisuudesta ja sen luonteesta.

Käsitekarttoja tarkastelemalla (Kuviot 2-8) selviää kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen toteutumistapoja, tavoitteita ja sisältöjä. Fysiikan opetussuunnitelmasta löytyy sisältöjä kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen. Oppiainerajat ylittävän tiedon lisäksi tavoitteena on tiedon merkityksen ymmärtäminen itselle ja ympäristölle. Tällaisia aiheita ovat luonnon lainalaisuudet, kuten syy- ja seuraussuhteet ja vuorovaikutukset. Kausaalisen syy- ja seurauslain ohella on hyvä tuoda esiin todellisuuden ei-kausaalinen luonne, kuten kaaos -

ilmiö. Nämä aiheet ja näkökulmat auttavat oppilasta saamaan realistisemman kuvan tieteestä ja todellisuudesta. Historialliseen tutkimuksen tutustuminen antaa tietoa tieteen kehityksestä ja kysymyksenasettelusta sekä antaa mahdollisuuksia verrata omia ajatuksia muiden ajatuksiin, mikä edistää itsetuntemusta suhteessa muihin.

Tehtävissä tulee olla lähestymistapana laajat näkökulmat asioihin, mikä tekee lähtökohdan myös ihmisläheiseksi. Tällaiset näkökulmat vahvistavat tiedon siirtoa eri ympäristöihin. Tavoitteellisuus liittyy opetukseen ja sitä kautta oppimiseen (Kuvio 7). Se on myös aihekokonaisuuksissa (Kuvio 3) mainittu tavoite: Oppilas rakentaa aktiivisesti suhdettaan itseensä ja ympäristöönsä.

6.2 Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen kokeilu

Tässä luvussa tarkastelen kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen kokeilua, fysiikan valinnaiskurssia. Perustelen ensin fysiikan valinnaiskurssille asettamiani tavoitteita ja sisältöjä tutkimukseni tavoitteiden ja kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen kannalta (kappaleet 6.2.1, ja 6.2.2) sekä käsittelen valinnaiskurssin menetelmiä (kappale 6.2.3) ja toteutusta (kappale 6.2.4).

6.2.1 Fysiikan valinnaiskurssin tavoitteet

Etsin tutkimuksessani fysiikan opetuksen sisältöjä, joissa on huomioitu koulun kaikki tavoitteet. Opettajan tiedon sisällönanalyysistä näkyy sisältöjä näille tavoitteille (kappale 6.1.8). Kehitin fysiikan valinnaiskurssin oman toiminnan reflektoinnin (vrt. luku 5.3) ja vasta hahmottuvan teorian (vrt. luku 4.3) pohjalta toteuttamaan edellä mainittuja tavoitteita. Fysiikan valinnaiskurssin tavoitteista mainitsin vuosittaisessa koulun työsuunnitelmassa: ”Kurssi laajentaa oppilaiden maailmankuvaa ja käsitystä tieteestä ja sen tutkimusmenetelmistä. Tavoitteena on kehittää omaa luovaa ja kriittistä ajattelua, päättelykykyä ja pohtia myös ihmistä havaitsijana, kehittää keskittymiskykyä, omaa käsitystä itsestä, tietoisuutta.” Taulukossa 15 vertaan näistä lauseista muodostettuja pelkistettyjä tavoitteita tutkimukseni keskeisiin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteisiin. Olen määritellyt kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteet siten, että ne toteuttavat kaikki koulun kasvatustavoitteet, myös asenne- ja arvotavoitteet sekä maailmankuvan rakentumisen, joten nämä tavoitteet pelkistyvät sanoiksi: maailmankuva, itsetuntemus, sosiaaliset taidot ja arvot.

Taulukko 15. Fysiikan valinnaiskurssin ja kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeisten tavoitteiden vertailu

<i>Fysiikan valinnaiskurssin tavoite</i>	<i>kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeinen tavoite</i>
maailmankuvan laajennus käsitys tieteestä ja tutkimusmenetelmistä	maailmankuva arvot
luovaa ja kriittinen ajattelu päättelykykyä, pohtiminen	sosiaaliset taidot arvot
itsetuntemus, ihminen havaitsijana, keskittymiskyky	itsetuntemus arvot

Taulukosta 15 selviää, että tavoitteet vastaavat toisiaan, kun otan huomioon, että arvot liittyvät tieteeseen (Shulman 1986, 6-14), ajatteluun (Lipman 2003, 199-200) ja itsetuntemukseen (Hannukkala 2003). Näin ollen fysiikan valinnaiskurssin tavoitteet vastaavat kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeisiä tavoitteita, joita käsittelen tutkimuksessani. Täten fysiikan valinnaiskurssilta voin saada vastauksia kysymykseen, miten oppilaat kokevat tämän luontoisiin tavoitteisiin pyrkivän opetuksen.

6.2.2 Fysiikan valinnaiskurssin sisällöt ja niiden perustelu

Kehitin fysiikan valinnaiskurssin sisällöt siten, että ne pyrkivät toteuttamaan opetussuunnitelman tavoitteita, erityisesti kasvatustavoitteita ja arvo- ja asennetavoitteita, joihin liittyy fysiikan luonteen ymmärtämistä sekä rakentamaan nykyaikaista maailmankuvaa. Luonnonfilosofiaa–valinnaiskurssin esittelin oppilaille kysymysten kautta. Kysymykset käsittelivät oppilaan elämänympäristöä. Kysymysten tavoitteena oli korostaa kurssin pohtivaa ja filosofista luonnetta:

”Mitä ovat tunteet? Voiko tunteita ja ajatuksia tutkia? Miten tutkia itseään? Voiko kivi välittää tietoa - entä kasvit? Miten valo, ääni, värit, tuoksut ja liike vaikuttavat havaitsijaan, ihmiseen?

Filosofian menetelmä on ajattelu ja päättely, jota opitaan tällä kurssilla esimerkiksi tekemällä omia kysymyksiä. Fysiikka tutkii luonnon näkymiä: ainetta, energiaa ja liikettä. Luonnon filosofian kurssilla myös tutkitaan esille nousevia kysymyksiä, keksitään omia tutkimuksia - oivalluksia.

Mitkä luonnonlait koskevat myös ihmistä? Minkälaisia vastauksia fysiikka antaa kysymyksiini, miten elän elämäni?(LIITE 1)”

Aikaisemmin tarkastelin perusteluja, joiden mukaan kehitin fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaalin (luku 4.3). Tässä kappaleessa perustelen kurssin aiheita sen mukaan, miten nämä toteuttavat kurssin edellisessä kappaleessa esittämiäni kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteita.

Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt nousivat opettajan tiedon sisällönanalyysistä tehdyistä käsitekartoista. Käsitekartoihin olen koonnut asioita, joita opettaja tarvitsee opetuksensa suunnitteluun, kun hän pyrkii toteuttamaan kaikkia opetussuunnitelman tavoitteita. Tarkastelen seuraavassa tarkemmin, mihin tutkimustietoon tai didaktiikan käytänteeseen kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt perustuvat. Näitä aiheita käsittelen myös fysiikan valinnaiskurssin ja tutkimusten kannalta luvussa 7.

Käsitekarttojen muodostumisen takana olevan teorian perusteella peruskoulun opetussuunnitelmassa mainitut yleiset kasvatustavoitteet ja arvo- ja asennesidonnaiset tavoitteet sekä maailmankuvan rakentuminen toteutuvat, kun fysiikan opetuksessa käsitellään seuraavia aiheita: havainnointia, tieteen kehitystä ja rajoja sekä vuorovaikutuksia. Kun näitä aiheita käsitellään ihmisen kontekstissa ja laajoista näkökulmista, niin nämä aiheet toteuttavat edellä mainittuja tavoitteita ja erityisesti aihekokonaisuutta ”Ihmisenä kasvaminen” (kappale 6.1.8).

Aihekokonaisuus-käsitekartta sisältää vain opetussuunnitelmassa mainittuja tavoitteita ja sisältöjä, joihin en ole etsinyt muita perusteita. Käsitekartassa mainitut sisällöt (kappale 6.1.3), kuten havainnointi, ilmaisu, opiskelutaidot ja itsensä kehittäminen, ovat mukana kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöissä. Muista käsitekartoista (kasvatustavoitteet,

fysiikan luonne, maailmankuva, oppimiskäsitys, kiinnostavuus ja motivaatio, fysiikan tutkimus) löytyy didaktisia näkemyksiä ja tutkimustietoa, joita selvitän seuraavassa.

Havaintojen tekeminen

Luonnontieteiden opetuksessa opettajan tulee vahvistaa oppilaan uskoa omiin havaintoihinsa (Salmio 2004, 171). Ihminen saa tietoa maailmasta havaitsemalla ja mittaamalla sekä etsimällä säännönmukaisuuksia. Havaintojen tekeminen on osa tiedon hankintaa (Hendersson 2005; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372) ja ajatteluprosessia. Oman ajattelun tiedostaminen on välttämätöntä käsitteen muodostamiselle (Rebello ym. 2004, 2005). Havaitseminen riippuu yksilön käsitteiden hallinnasta ja on subjektiivista, joten siihen liittyy tulkintaa. Ihminen pyrkii tulkitsemaan tilanteita aiempien kokemusten pohjalta (Rauste-von Wright ym. 2003, 90- 92). Jokainen yksilö luo oman sisäisen tulkintansa todellisesta ulkomaailmasta ja tulkinta perustuu havaintoon (Gresser 2006, 16). Tieteellisen tiedon hankinnassa pyritään koejärjestelyjen ja esimerkiksi kokeen toistettavuuden kautta objektiivisuuteen.

Yleensä luonnontieteessä havainnoidaan ulkoista maailmaa ja sen ilmiöitä. Tiedostamisen takia ihmisen on hyvä myös havainnoida itseään, omaa havainnoimistaan, oppimistapojaan ja vuorovaikutusta ympäristön kanssa sekä miettiä olioiden ja ilmiöiden havainnoista riippumatonta olemassaoloa. Erityisesti tyttöjä kiinnostavat aiheet, jotka liittyvät luontoon, ja ilmiöt, joita voidaan havaita aistien avulla (Hoffmann 1997). Ne oppilaiden käsitykset, jotka kohdistuvat siihen, mitä he tekevät ja ajattelevat, liittyvät oivalluksena aistihavaintoihin (Lippmann 2003, 65-68). Maailmankuva kehittyy, kun ihminen tiedostaa arvojaan ja asenteitaan (Niiniluoto 2002, 85). Itsetuntemusta voidaan kehittää omien arvojen, voimavarojen miettimisen (Hannukkala 2003) ja arvoista väittelyn (Aalto 2002, 21-23) kautta. Ilmaistaan uskomuksia ja ajatuksia toisille, mietitään syy- ja seuraussuhteita, harjoitetaan päättelytaitoja ja väitellään. Ajattelussa on tasapaino kognitiivisten ja affektiivisten tekijöiden sekä havaitsemisen ja käsitteiden välillä (Lipman 2003, 199-200). Jotta oppilas voisi tiedostaa arvojaan, asenteitaan, tunteitaan, tarpeitaan ja luonnettaan, hänellä täytyy olla niille käsitteitä ja sanoja, joita opettaja antaa erilaisissa tehtävissä ja vuorovaikutuksessa. Fysiikan opetuksessa opitaan uusi tieteellinen kieli, joka muodostuu suureiden ymmärtämisestä. Ymmärtämistä vaikeuttaa puhekieli, jolla on eri merkityksiä käsitteille. Kun käsitellään voimaa, aineen ja energian luonnetta, huomataan kielen eroja.

Havainnointi antaa tietoa sekä itsestä että ympäristöstä, edistää itsetuntemusta ja laajentaa maailmankuvaa. Havaintojen tekemisen opiskelu liittyy edellä olevan perusteella itsetunnon ja sosiaalisten taitojen kehittymiseen, arvokasvatukseen sekä maailmankuvan rakentumiseen.

Vuorovaikutus

Aihe, joka nousee fysiikan opetuksen sisällöistä esiin, kun tarkastellaan kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteita, on vuorovaikutuksen käsite. Vuorovaikutus-sanaa käytetään varsin laajasti myös sosiaalisten suhteiden yhteydessä. Se kuvaa henkilön suhdetta toisiin, luontoon ja kulttuuriympäristöön ja se korostaa toiminnan merkitystä suhteessa (vrt. Kansanen 2004, 37-38).

Voidaan miettiä, mitä vuorovaikutuksia tapahtuu opetuksessa. Voidaanko niitä käsitellä luonnontieteellisesti? Fysikaalisten vuorovaikutusten rinnalla opetuksessa voidaan käsitellä ihmisten välisiä vuorovaikutuksia, sosiaalisia taitoja, viestintätapoja, ajatusten, arvojen ja

tunteiden ilmaisua. Esimerkiksi tunteet vaikuttavat oppimiseen, sillä toistuvasti koettujen positiivisten tunne-elämysten ja merkitysten kautta tilannekohtainen kiinnostus voi kehittyä pysyväksi kiinnostukseksi oppiainetta kohtaan (Krapp ym.1992, 3-25). Tunteiden ilmaisua on tarpeen oppia muun muassa itsetuntemuksen ja palautteen takia (Tamminen 2004, 62-67). Kokeellisen työskentelyn rinnalla tarvitaan kognitiivista ja affektiivista aktivointia (Saari 1997; Juuti 2005; Beyer 1989). Menestyvälle ongelmanratkaisulle on olennaista ihmisen tietoisuus omasta ajattelustaan, tiedoistaan ja strategioistaan sekä kyky säädellä omaa mentaalista informaation prosessointiaan (Enkenberg 2002, 162-163; Ruohotie 2000, 185). Ajattelu on mielen toimintaa ja siihen kuuluu loogisen ajattelun muotojen, kuten päättelyn, lisäksi esimerkiksi tunteet, arvot, luovuus, mielikuvitus ja toiminta (Lipman 2003, 199-200).

Ihmisen minä-käsitys kehittyy vuorovaikutuksessa toisten ihmisten ja ympäristön kanssa. Todellisuuden toiminta ilmenee vuorovaikutuksina ihmisten ja luonnon välillä (Niiniluoto 1994, 144; Manninen 1987, 129-138; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372). Sosiaalisilla suhteilla ja yksilön omalla kehityksellä on läheinen yhteys (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231), ja esimerkiksi opetustapahtumassa tieto etsitään vuorovaikutuksessa (Säljö 2004, 15-18).

Ajattelu kehittyy mielekkäässä dialogisessa keskustelussa, johon liittyy kuuntelu ja omien mielipiteiden ilmaisu (Lipman 2003, 162-166). Opettajan tulee luoda sellainen oppimisympäristö, jossa opiskelijat uskaltavat tuoda esiin omat keskeneräiset ja hajanaiset ajatuksensa (Ahtee 1998, 145-146) ja jossa he saavat harjoittaa eri mieltä olemisen taitoa, korjaavan ja myönteisen palautteen antamista ja vastaanottamista (Aalto 2002,7).

Edellisen mukaan sosiaalisia taitoja, itsetuntemusta, arvoja ja maailmankuvan rakentumista opitaan minkä tahansa aiheen parissa vuorovaikutteisessa opiskelussa, johon oleellisesti liittyvät ilmaisu, keskustelu ja tunteet. Vuorovaikutteinen opetusmenetelmä vaikuttaa myönteisesti oppilaiden opiskelumotivaatioon sekä myös oppimistuloksiin ja sosiaalisiin suhteisiin (Sharan & Sahlberg 2002, 393). Aiheet, joihin sosiaaliset taidot erityisesti liittyvät, ovat vuorovaikutukset. Erilaisia vuorovaikutuksia, kuten ilmaisua, voi käsitellä myös opetuksen sisältönä.

Ihminen

Koska oppiminen on omaa kokemusta ja elämänhistorian aikana syntyneiden kokemusrakenteiden tiedostamista (Ruohotie 2000, 185), kaikki opetus tapahtuu ihmisen kontekstissa. Maailmankuvan rakentumiseen liittyy se, miten ihminen tiedostaa itsensä, arvojaan ja asenteitaan sekä hänen suhteensa luontoon ja yhteiskuntaan (Manninen 1987, 129-138; Niiniluoto 2002, 85). Tieteellisen maailmankuvan rakentamisen rinnalla fysiikan opetuksessa voidaan tuoda esiin uskontojen ja filosofien käsityksiä ihmisestä. Arkikäsitteen merkityssisältöä voi laajentaa oppilaille tuttuihin yhteyksiin (Savinainen 2004). Fysiikka voi antaa vastauksia oppilaiden kysymyksiin ja pohdintoihin elämästä. Oppilaita kiinnostaa läheisesti omaan elämänpiiriin ja ihmisyyteen kuuluvat asiat, joita pohditaan yhdessä (Wright 1986, 243-247). Nuoret ovat luonnostaan hyviä pohtijoita, kun heille annetaan tilaisuus ja aikaa. Tyttöjä kiinnostaa ihmiseen liittyvät asiat (Hoffmann 1997) ja samoin poikia (Juuti ym. 2004, 38-41).

Fysiikan käsitteiden ohella voidaan oppia itseä koskevia käsitteitä esim. kysymällä, ”mitä on intuitio” ja mikä merkitys sillä on tiedonhankinnassa, tai miettiä, miten fysiikka voi vastata kysymykseen Kuka olen? Eniten oppilaita kiinnostavat mystiset ja terveyteen liittyvät ilmiöt

ja tähtitiede (Lavonen ym. 2005e; Lavonen ym. 2005c). Näitä asioita voidaan käsitellä esiinnousseiden ajankohtaisten arkipäivän ongelmien kohdalla tai myös käsittelemällä historiallisia henkilöitä, kuten esim. filosofeja, joiden ajatuksiin oppilaat voivat verrata omia mielipiteitään ja etsiä omia arvojaan. Tällöin he saavat myös miettiä oman maailmankuvansa totuudellisuutta, jolloin kriittinen reflektointi saattaa johtaa uudistuvaan oppimiseen ja toimintakäytänteiden muuttumiseen (Ruohotie 2000, 185). Kun opetus tapahtuu ihmisen kontekstissa, fysiikan opiskelussa toteutuvat arvokasvatus, maailmankuvan rakentuminen sekä itsetuntemuksen ja sosiaalisten taitojen kehittyminen.

Tiede ja tieteen kehitys

Koulussa voidaan auttaa lasta kehittämään itsetuntemusta auttamalla häntä ymmärtämään syy- ja seuraussuhteita sekä kehittämään päättelytaitoja (Keltikangas-Järvinen 2001, 179-240). Uusi näkökulma fysiikan opetukseen saadaan, kun tarkastelunäkökulma kohdistetaan opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämiseen sekä myös tietoteoriaan (Rebello ym. 2005, 220) ja opetuksen sisältöön (Henderson 2005, 785). Tiedon ja tietämisen hallinta on luultavasti oleellisempi taito kuin useiden yksittäisten tietojen ja taitojen hallitseminen (Sormunen 2004, 363-368).

Nykyaikaisen maailmankuvan muodostumiseen tarvitaan tietoa tieteen kehitymisestä ja modernin fysiikan saavutuksista (Meisalo ym. 2000, 36). Realistiseen maailmankuvan muodostumista edistävät ilmiöiden luonteen tarkastelu, kuten valon luonne ja kaaos, ja tieteen uudet tutkimukset, kuten esim. pimeä aine ja energia sekä säieteoria. Kun oppilaat saavat tietoa tieteellisen tiedon kriteereistä ja tieteen kehitymisestä, heidän maailmankuvansa tulee realistisemmaksi ja he pystyvät perustelemaan mielipiteitään. Oppilas saa koulun fysiikan tunneilla usein kuvan loppuun tutkituista aiheista, lopullisesta totuudesta, mikä on väärä kuva fysiikasta tieteenä ja ihmisen mahdollisuuksista vaikuttaa siihen. Kun oppilaille puhutaan fysiikan ilmiöistä, joita ei vielä tunneta, se avaa fysiikan opetuksen ongelmanasettelua paremmin ja auttaa oppimaan myös uutta luonnontieteellistä ajattelu- ja ymmärtämistapaa. Fysiikka sisältää nykyteorioiden mukaan keskenään yhteen sovittamattomia alueita, kuten suhteellisuusteorian ja kvanttifysiikan. Kaikkea ei vielä tiedetä: yli 90% maailmankaikkeuden aineesta ja energiasta on tuntematonta. Epävarmuus, ristiriidat ja ennakkoluulottomat kysymykset vievät tiedettä eteenpäin.

Aineen sisältötieto sisältää opettajan tiedon opettamansa aineen luonteesta, tiedon lähteistä ja myös arvoista (Shulman 1986, 6-14). Oppilaat ovat kiinnostuneita suhteellisuusteorian luomista näköaloista, jotka ovat heille tuttuja tieteiskirjallisuudesta. On haasteellista tuoda esiin opetuksessa näkökulmia asioihin, joista tiedetään tieteessä vain jotakin epävarmaa. ”Miten tieteellinen tieto muodostuu?”, ”Mitä ovat tieteen rajat?” ovat kysymyksiä, jotka voi käsitellä peruskoulussa, jossa opetetaan tieteen perusteita. Kun fysiikka liitetään kulttuuriin ja filosofiaan, kurssit tarjoavat perusteet historialliseen ja maailmankatsomukselliseen lähestymistapaan fysiikan ja tieteen opetuksessa. Lisäksi opiskelijat oppivat uusia suhtautumistapoja muuttuviin olosuhteisiin ja muuttuviin ongelmiin. (Kumar & Brown 1999, 365-368.)

Laajat näkökulmat

Fysiikka on tiede, joka antaa aineksia tieteelliseen maailmankuvaan. Fysiikan oppitunneilla kerrotaan maailmankaikkeuden synnystä, rakenteesta ja kehityksestä. Oppilas sovittaa tiedon muiden tieteiden ja omaan maailmankuvaansa. Fysiikan maailmankuvaa voidaan laajentaa

käsittelemällä fysiikan tunnilla erilaisia käsityksiä todellisuudesta ja sen luonteesta. On tärkeää, että tuleva opettaja tiedostaa fysiikan luonteeseen ja fysikaalisen tiedon saavuttamiseen liittyvät moninaiset näkökulmat (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135). Tehtävien ja niiden käsittelyn tulee vaatia oppilaalta itsenäistä ajattelua, ongelmanratkaisukykyä ja tiedon soveltamista. Tehtävät voivat käsitellä samaa aihetta monin eri tavoin ja auttaa oppilasta näkemään eri tarkastelutapojen ja esitysmuotojen yhteyden (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22.)

Esimerkiksi tuodaan esille Platonin eri maailmat, joista yksi on ideoiden maailma. Voidaan myös kysyä: ”Minkälainen on tasomaa eli 2-ulotteinen maailma? Entä matemaatikkojen 11-ulotteinen maailma? Onko elektroni olemassa?” Nämä kysymykset liittyvät filosofisiin kysymyksiin maailmankaikkeudesta, kysymykseen olioiden olemassaolosta ja suhteesta myös yliluonnolliseen. Fysiikkaan tulisi liittää myös filosofisia kysymyksiä (Makkonen 2003, 113-114; Virrankoski 1996, 16), joissa tutkitaan tietoa, tieteellistä menetelmää, olemassaoloa, käsitteiden muodostusta ja merkityksiä, ajattelun lakeja ja arvoja (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 110). Koulussa tulisi käsitellä opiskelijan kulttuuriympäristön aitoja ongelmia (Kiviahde 2005, 101-105), mikä tukee käsitteen siirtoa uuteen tilanteeseen (Rebello ym. 2005, 240-241). Kysymys on tieteen olemuksesta ja tieteen rajoista. Maailmankuvan muodostuminen, kuten ei oppiminenkaan, ole mahdollista ilman tiedostamista, keskustelua, omien näkemysten ilmaisua.

Edellä oleva tarkastelu aiheista, jotka nousivat opettajan suunnitteluunsa tarvitseman tiedon sisällönanalyysistäni, osoittaa, että aiheet (havaitseminen, vuorovaikutus, ihmisen konteksti, tieteen olemus ja laajat näkökulmat) lomittuvat toisiinsa. On ilmeistä, että kaikkien näiden aihepiirien avulla, edellä mainitun teorian mukaan, fysiikan opiskelussa toteutuvat arvokasvatus, maailmankuvan rakentuminen sekä itsetuntemuksen ja sosiaalisten taitojen kehittyminen. Seuraavassa esitän yhteenvedon fysiikan valinnaiskurssilta, joissa kokeilin edellä kuvattuja aiheita.

Fysiikan valinnaiskurssilla tiedonhankintaprosessia käsiteltiin oppitunneilla, joiden aiheina olivat havainnointi, tieteellinen totuus ja historiallinen tutkimus. Tehtävissä oli useita näkökulmia, aitoja ongelmia, filosofisia tehtäviä ja omaan elämään liittyviä tehtäviä. Lisäksi tehtävät olivat tavoitteellisia, soveltavia, aktivoivia ja vaativat ymmärrystä (luku 3.3, Kuvio 8). Oppilaat harjoittivat itsenäistä ajattelua ja ongelmanratkaisukykyä, tiedon soveltamista uusiin yhteyksiin. Oppimisympäristö pyrittiin luomaan avoimeksi ja ilmaisevaksi, jossa vallitsi luova ilmapiiri, joka mahdollisti omien mielipiteiden ja tunteiden ilmaisun, arvioinnin sekä omien tarpeiden tunnistamisen. Oppimistapahtuma oli vuorovaikutusta opettajan ja oppilaiden välillä ja myös oppilaiden välistä ryhmäkeskustelua ja väittelyä. Oppilailla oli mahdollisuus vaikuttaa opetuksen sisältöihin ja menetelmiin. Fysiikan valinnaiskurssin alussa kerroin oppilaille kurssin sisällöstä ja tavoitteista, jotta he voivat asettaa omia tavoitteita. Erityisesti oma vaikutusmahdollisuus oli tehtävässä ”Oma tutkimus”.

Taulukossa 16 vertaan fysiikan valinnaiskurssin sisältöjä (Kärnä 2001) kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöihin (kappale 6.1.8), joita ovat havaitseminen, vuorovaikutus ja tieteen luonne. Lisäksi kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa esitetään monia näkökulmia asiaan sekä lähestytään aihetta ihmisen näkökulmasta.

Taulukko 16. Fysiikan valinnaiskurssin ja kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt

<i>Fysiikan valinnaiskurssin sisältö</i>	<i>Kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältö/tavoite</i>
1. Kurssin tavoitteet - kysymyksenasettelu oppilaille	ihminen lähtökohtana/itsetuntemus, arvot
2. Oppimispäiväkirja	ihminen lähtökohtana/itsetuntemus
3. Havainnointi	havainnointi/itsetuntemus, sosiaaliset taidot, arvot
4. Tieteellinen totuus	tiedon luonne/maailmankuva, arvot
5. Olioiden olemassaolo - sanojen merkitykset	ontologia/maailmankuva, arvot
6. Historiallinen tutkimus	tieteen kehitys/maailmankuva, arvot
7. Vuorovaikutukset	vuorovaikutus/ maailmankuva, arvot
8. Energia	laajat näkökulmat/maailmankuva, arvot
9. Vuorovaikutus ihmisten välillä	vuorovaikutus/sosiaaliset taidot, arvot
10. Luonnonlait	laajat näkökulmat/maailmankuva, arvot
11. Valo – dualismi	laajat näkökulmat/maailmankuva
12. Kaaos	laajat näkökulmat/maailmankuva
13. Omat tutkimukset	ihminen lähtökohtana/itsetuntemus

Taulukosta 16 ilmenee, että fysiikan valinnaiskurssin sisällöt vastaavat kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöjä, joten niiden kautta on mahdollista toteuttaa yleisiä kasvatus-, arvo- ja asennetavoitteita sekä rakentaa maailmankuvaa. Näiden tavoitteiden mukaisen oppimateriaalin sisällöt tai sisältöjen painotukset ovat osittain perinteisen fysiikan opetuksen ulkopuolella, joten fysiikan valinnaiskurssin aineisto antaa uusia filosofisia ja kasvatuksellisia näkökulmia fysiikan opetukseen. Filosofia mahdollistaa näkökulmat yli ainerajojen. Filosofian menetelmä on looginen päättely ja keskustelu. Kehittämäni valinnaiskurssin sisällöt voivat sisältyä normaaliin fysiikan opetukseen ja sen perinteisiin sisältöihin. Nämä sisällöt laajentavat perinteisen fysiikan opetuksen näkökulmaa.

Perinteisiä fysiikan opetuksen aihesisältöjä ovat energia, sähkö, valo, ääni, lämpö, voimat ja liike. Kun näitä aiheita lähestytään edellä kuvaamastani tutkimuksellisesta näkökulmasta, opetuksella on mahdollisuuksia toteuttaa tiedollisten tavoitteiden lisäksi fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita, koulun yleisiä kasvatustavoitteita ja antaa aineksia monipuolisen maailmankuvan rakentumiselle. Monet opetussuunnitelmassa mainitut asennekasvatuksen tavoitteet toteutuvat fysiikan oppisisältöjen kautta, vaikka niitä ei normaalisti koulun arkikäytännöissä tiedosteta.

6.2.3 Fysiikan valinnaiskurssin opetusmenetelmät

Opetusmenetelmä valitaan sisällön ja tavoitteiden mukaan, ja se vaihtuu usein samankin oppitunnin aikana. Kasvatus onnistuu parhaiten olosuhteissa, joissa vallitsee erilaisten työtapojen ja tehtävien tasapaino (Koskenniemi 1977, 286). Fysiikan opetuksen työtavoista vuoden 1999 opetussuunnitelmasta valitsin erityisesti valinnaiskurssin filosofisen luonteen vuoksi seuraavat: oppilas opiskelee oppimisen taitoja itsenäisesti ja ryhmässä. Hän tekee havaintoja ja esittää kokoamaansa tietoa suullisesti, kirjallisesti ja keskusteluissa. Hän tulkitsee, arvioi ja soveltaa tuloksia. Fysiikan opetuksen työtavat vuoden 1999 opetussuunnitelmassa:

- Oppilas opiskelee oppimisen ja kokeellisen työskentelyn taitoja itsenäisesti ja ryhmässä
- Oppilas hankkii luonnontieteellistä tietoa, tekee havaintoja luonnosta ja ihmisen muovaamasta ympäristöstä.
- Hän oppii käyttämään laboratoriovälineitä, suunnittelemaan tutkimuksia ja tekemään mittauksia.
- Oppilas käsittelee hankkimaansa tietoa ja hän esittää kokoamaansa tietoa suullisesti, kirjallisesti ja keskusteluissa.
- Hän tulkitsee, arvioi ja soveltaa tuloksia.

Fysiikan valinnaiskurssini opetusmenetelmistä olen maininnut jo sisältöjen kohdalla ja ne näkyvät käsitekartoissa. Keskustelu on keskeinen osa vuorovaikutteista opetusta. Opetuskeskustelulla on merkitystä käsitteen muodostusprosessissa (Ahtee & Pehkonen 2005; Beatty ym. 2004; Hogan ym. 1999; Saari 1997) ja oppilaisiin tutustumisessa (Shulman 1986; Park & Oliver 2008, 279-280). Itsetuntemusta kehittäviä työtapoja ovat itsetarkkailu, erilaiset ilmaisukeinot, kuten pohdinta ja väittely. Oppimispäiväkirja on hyvä tapa omien näkemysten selvittämiseen ja itsearviointiin. Sosiaalisten taitojen kehittämiseen tarvitaan sekä omaa itsenäistä työskentelyä että ryhmässä keskustelua ja väittelyä. Oppilaat saavat tietoa ongelmanratkaisumenetelmistä ja siitä, mikä on tieteen tapa perustella väitteitä. Vapaa työskentely, pelit, filosofinen pohdinta, näytelmät ja tarinat antavat tilaa itsen prosessoinnille, luovuudelle ja sosiaalisuudelle. Motivaation ja minän kehityksen kannalta on tärkeää, että oppilas myös saa itse vaikuttaa opetussisältöihin ja tehdä omia tutkimuksia. Tällöin oppilaalla on myös vapaus ajatella eikä hänelle anneta aina valmista aineistoa. Nämä ovat keinoja, siihen, miten voin opettajana toteuttaa kokonaisvaltaista fysiikanopetusta. Näin kuvaan fysiikan valinnaiskurssin menetelmiäni kurssin esitteessä (LIITE 1):

”Keskustellaan, pohditaan ja kysytään, väitellään, kirjoitetaan päiväkirjaa, piirretään ja näytellään. Tehdään tutkimuksia yksin, pareittain ja ryhmissä. Tutkimukset ovat leikinomaisia, liikunnallisia, esittäviä ja kokeellisia. Kurssista kirjoitetaan oppimispäiväkirjaa, johon merkitään omia kokemuksia tutkimuksista ja taustatietoa. Raportointiin voidaan käyttää piirustuksia, runoja ja kertomuksia. Lisäksi tehdään oma tutkimus.”

6.2.4 Fysiikan valinnaiskurssin kuvaus

Tutkimukseni raportin kirjoittamisvaiheessa on mielenkiintoista kertoa myös, millaisiksi opetusmenetelmät muodostuivat kurssilla.

Opetusmenetelmäksi fysiikan valinnaiskurssilla muodostui lähinnä keskustelu, jossa ilmaistiin omia näkökulmia, perusteltiin niitä, väiteltiin toisten kanssa, opittiin tekemään kysymyksiä. Kurssiaineistossa oli paljon väitteitä, pohdintatehtäviä, joiden totuudellisuudesta keskusteltiin. Oppilaat oppivat perustelemaan mielipiteensä ja toisaalta hyväksymään erilaisia mielipiteitä. Tutkittiin myös sanomalehtitekstin ja mainosten väitteitä esimerkiksi siitä, mitä tieteellisiä perusteita on sille, että magneettiset polvisuojat parantavat kipua. Keskustelua käytiin niin pikkuryhmissä kuin koko ryhmän kanssa. Tunneilla oppilaat istuivat noin kolmen hengen ryhmissä, jotka he olivat saaneet valita vapaasti. Keskustelu oli dialogista ja narratiivista, siinä kerrottiin myös omista sattumuksista elämässä. Opettaja suhtautui avoimesti oppilaisiin, kertoi myös henkilökohtaisia näkemyksiään ja kuunteli. Tämä avautuminen synnytti luottamuksellisen ilmapiirin.

Oli myös omakohtaista työskentelyä oppimispäiväkirjan parissa. Oppimispäiväkirjan kirjoittaminen auttaa tiedostamaan omaa opiskeluprosessia ja antaa mahdollisuuden itsearviointiin. Päiväkirjaan sai myös piirtää ja maalata. Oppilaat halusivat myös tehdä

aarrekartan, visioda tulevaisuutensa vuoden kuluttua. Opettaja arvioi kurssin oppimispäiväkirjan ja oman tutkimuksen perusteella.

Oppilaat valitsivat omaksi tutkimukseksi kirjallisen raportin tekemisen, esseen kirjoittamisen. Esseen kirjoittamista pidetään korkeanasteisena ajattelutoimintana (Tynjälä 2000, 177). He tekivät esseen vapaasti valitsemastaan aiheesta. He valitsivat seuraavat aiheet: Maailmanpyörä, Itse Tutkimus, Sateenkaari, Tuonpuoleinen, Tunteet - sanoja vai mielentiloja, Horoskoopit, Astrologia, Kirkas uni, Sokrates, Mitä on filosofia? Kaaos. Esseetehtävät kertovat jotain oppilaiden kiinnostuksen kohteista. Kolme oppilasta valitsi fysiikan aihepiiriin kuuluvan esseen. ”Itse Tutkimus” käsittelee fysiikkaa filosofisesti ja ”Kaaos” on myös filosofista modernin fysiikan pohdintaa. ”Sateenkaari” kertoo luonnon ilmiöstä monipuolisesti. Filosofisia, itseen ja ympäristöön liittyviä pohdintoja kirjoitti 6 oppilasta. Kolmen oppilaan aihe liittyi tieteen rajojen pohdintaan, sillä he olivat valinneet aiheeksi Horoskoopit.

Kurssilla käytettiin myös luonnontieteellisen tutkimuksen menetelmiä. Tutkittiin esimerkiksi äänen ja eriväristen valojen vaikutusta itseen, tutkittiin kiviä, niiden magneettisuutta, tuotettiin sähköä induktio-menetelmällä. Oppilaat saivat itse suunnitella, mitä kaikkea kivistä voi tutkia. Mietittiin tieteen menetelmiä pohtimalla värillistä nestettä ”imevän” purkin rakennetta. Monet tutkimukset olivat yhteisöllisiä ja kokeilevia. Tutkittiin omaa havainnointikykyä ja vuorovaikutustaitoja leikin ja näytelmän avulla. Katsottiin myös pätkiä televisiosarjoista ja arvioitiin siinä esiintyviä vuorovaikutustaitoja. Eräänä arki-iltana menimme elokuviin katsomaan filmiä robottilapsesta, jonka totuudellisuutta pohdittiin. Elokuvamatkalla oppilaat saivat sosiaalisen ongelmaratkaisutehtävän. Ryhmä sai rahaa yhteensä 50 mk, joka tuli käyttää siten, että kukaan ei ollut nälkäinen, ja kaikki olivat tyytyväisiä.

Palaute kurssista tapahtui pienten tarinoiden avulla: oppilaat kirjoittivat kirjeen ystävälle ja tulevalle kahdeksaluokkalaiselle ja lopussa myös opettajalle. Kurssin lopputiivistelmäksi kirjoitin tarinan Sohvi ja filosofi (LIITE 7) ja annoin oppilaille henkilökohtaista palautetta siitä, miten itse koin kurssin. Tarina on narratiivista itsen havainnointia, jossa ilmenee tunteita ja ajatuksia. Vaikuttaminen kurssin sisältöön tapahtui monella tapaa kurssin aikana, ei vain kirjallisissa palautteissa. Oppilaat esimerkiksi saivat vaikuttaa kurssin työtapoihin ja kotitehtäviin.

Olen koonnut kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tehtävien rakennetta ja luonnetta (luku 3.3) kuvaavat keskeiset asiat taulukkoon ja pelkistänyt ne seuraavanlaisiksi avainsanoiksi (taulukko 31, LIITE 6): *tavoitteelliset tehtävät, useita näkökulmia, ymmärtämistä vaativia tehtäviä, soveltavia tehtäviä, aktivoivia tehtäviä, kirjoittaminen, oppimispäiväkirja, itsearviointi, arviointi, väittely, avoin tehtävä, tarinat, filosofiset kysymykset*. Kun tarkastelen fysiikan valinnaiskurssin tehtäviä yleisesti, näyttää siltä, että tässä kappaleessa kuvaamani fysiikan valinnaiskurssin materiaali sisälsi tämän laatuista tehtäviä.

6.3 Empiirisen osan tutkimustulokset

Tässä luvussa analysoin oppilaiden palautteita fysiikan valinnaiskurssilta ja vastaan sen pohjalta tutkimuskysymykseen (3): Miten valinnaiskurssin tavoitteet toteutuivat oppilaiden mielestä?

Kokonaiskuvan saamiseksi olen kirjannut oppilaiden diskursseista yhteenvedon taulukkoon. Lisäksi tarkastelen diskursseja maailmankuvan näkökulmasta (kappale 6.3.3). Pidän opettaja-tutkijana kurssin aikana päiväkirjaa, jossa reflektoin itseäni ja tapahtumia kurssilla. Ennen päiväkirjamerkintöjen tarkastelua kerron toiminnastani opettajana (kappale 6.3.4).

6.3.1 Aineiston käsittely

Keskeinen tutkimusaineisto kurssin toteutumisesta ja onnistumisesta muodostui Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssin valinneiden 12 yhdeksäsluokkalaisen (10 tyttöä ja kaksi poikaa) kirjallisista palautteista. Tutkimusaineiston käsittelyssä merkitsen oppilaat kirjaimin A-L. E ja H ovat poikia. Oppilaiden antaman palautteen numeroin 1-4.

Valinnaiskurssin ensimmäisellä tunnilla oppilaat vastasivat kysymyksiin: Miksi valitsin kurssin? Mitä odotan kurssilta? Samalla he vastasivat myös kirjallisesti seuraaviin kysymyksiin: ”Mielipiteeni fysiikan opinnoista. Mitä harrastan? Mistä olen kiinnostunut? Tulevaisuuden näkymiä.” Viimeksi mainittujen kysymysten avulla sain taustatietoa oppilaista. Oppilaiden palautteet heidän odotuksistaan kurssia kohtaan olen merkinnyt koostetaulukkaan (taulukko 18, kappale 6.3.2) numerolla 1 (Palaute 1). Palautteen antoi 10 oppilasta.

Puolivälissä kurssia oppilaat kirjoittivat kirjeen ystävälleen kurssilta. Yksi oppilas kieltäytyi kirjoittamasta kirjettä. Palautteen 2 antoi 11 oppilasta. Kurssin lopussa oppilaat kirjoittivat kahdeksaluokkalaisille kirjeen, jossa he kertoivat mielipiteitään kurssista. Palautteen 3 antoi 10 oppilasta, joten kahden oppilaan kirje puuttuu. Tämän palautteen olen kirjannut taulukkoon Palaute (31). Kuusi oppilasta antoi palautetta opettajalle ohjatun monisteen avulla (LIITE 2). Lomakkeessa oli kurssin sisällysluettelo, jossa mainittiin opetustapoja ja kysyttiin: ”Muuttuiko käsityksesi luonnosta? Mikä oli kiinnostavin ja mieleenpainuvuin aihe? Miksi tämä jäi mieleen? Mitä pidit opetustavoista? Tehtävänanto oli erilainen, ja siksi olen kirjannut palautteet erikseen ja merkinnyt ne kurssiivilla: Palaute (32).

Vuoden päästä lähetin kaikille oppilaille kirjeen (LIITE 2), jossa kysyin: ”Oletko törmännyt kurssilla käymiimme ajatuksiin ja pohdintoihin? Oliko kurssista hyötyä? Mitä taitoja ja tietoja Luonnonfilosofiaa -valinnaiskurssi näin jälkikäteen ajatellen edisti tai toi esiin Sinussa?” Kysyin kuulumisia myös heidän elämästään, joita en kirjannut palautetaulukkaan. Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssilla teimme myös oppilaiden ehdotuksesta aarrekartan, jossa he kuvasivat tulevaisuudensuunnitelmiaan vuoden aikajanalla. Tämän palautteen (4) antoi 5 oppilasta.

Palaute ”*Olen aina ollut kiinnostunut kaiken olemassa olosta (C1)*” tarkoittaa oppilaan C sanoja ensimmäisessä kirjeessä kurssin alussa. Vastaavasti palaute: ”*Kurssilla tutkitaan monipuolisesti mieltä kutkuttavia kysymyksiä (B31)*” tarkoittaa oppilaan B sanoja kurssin lopussa palautteessa 3, kirjeessä 8.-luokkalaiselle.

Olen analysoinut oppilaiden kirjallisia vastauksia ja analyysiyksiköt muodostuivat oppilaiden palautteista. Kun tulkitsin oppilaiden palautteita, luokitteluuni vaikuttivat esiympärykseni valinnaiskurssin tavoitteista (kappale 6.2.1). Muodostin seuraavat diskurssiluokat, joiden mukaisesti tarkastelen oppilaiden kirjoittamia näkökulmia: kiinnostavuus (1), maailmankuva (2), ajattelu (3), tunteet (4), keskustelu (5), yhteisöllisyys (6), itsetuntemus (7), vaikuttaminen (8), ehdotuksia (9), arviointi (10). Nämä analyysiyksiköt vastaavat kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen arvo- ja asennetavoitteita, kasvatustavoitteita ja maailmankuvan

rakentumista (taulukko 17). Taulukoon 17 olen myös kirjannut, miten olen tunnistanut näitä tavoitteita oppilaiden diskursseissa.

Maailmankuvaan (2) kuuluvat kokemukset olen määritelmäni (kappale 6.1.6) mukaan jakanut 6 osaan (a-f):

- a) Ihminen/suhde ympäristöön
- b) Tiedostaminen/arvot, asenteet,
- c) Todellisuus/olemassaolo
- d) Todellisuus/rakenne, kehitys
- e) Todellisuuden toiminta/vuorovaikutukset
- f) Tieto/hankinta, käsitteet, merkitykset

Näistä kohta b) liittyy itsetuntemukseen ja kohta e) myös ihmisten välisiin vuorovaikutustaitoihin. Ne ovat tärkeitä koulun kasvatustavoitteiden elementtejä ja käsittelen niitä erikseen, irrallaan maailmankuvasta. Siispä maailmakuva-osio sisältää viiden eri kohdan luokittelua (a,c,d,e,f). Koska arvot viittaavat aina tavoitteisiin, siihen, kuinka asioiden parhaimmillaan tulisi olla (Kallio 2005, 14) ja ne ovat tiedostettuja käyttäytymisen motiiveja (Launonen 2007, 134), luokittelin ne seuraavasti: tavoitteellisuus, toiminnan motiivi. Kiinnostavuus voi olla tilannekohtaista tai pysyvää. Kasvatustavoitteet sisältävät itsetuntemuksen ja sosiaaliset taidot (kappale 6.1.2).

Taulukko 17. Oppilaiden palautteiden sisällönanalyysin analyysiluokkien ja tutkimukseni tavoitteiden vertailu

<i>Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeiset tavoitteet</i>	<i>Tavoitteen analyysi</i>	<i>Oppilaiden palautteiden sisällönanalyysin analyysiluokat</i>
maailmankuva	Ihminen/suhde ympäristöön Tiedostaminen/arvot, asenteet, Todellisuus/olemassaolo Todellisuus/rakenne, kehitys Todellisuuden toiminta /vuorovaikutukset Tieto/hankinta, käsitteet, merkitykset	maailmankuva -on hyötyä -monipuolista tietoa -ympäristön havainnointi -luonnon pohtiminen
arvo- ja asennetavoitteet	tavoitteellisuus käyttäytymisen motiivi	arviointi, tunteet (positiivinen/negatiivinen), vaikuttaminen (tulee kuulluksi), ehdotuksia
kasvatustavoitteet	itsetuntemus sosiaaliset taidot	itsetuntemus, ajattelu keskustelu, yhteisöllisyys (ryhmä)
kiinnostavuus	tilannekohtainen pysyvä	kiinnostavuus -positiivinen/negatiivinen -pitämistä

6.3.2 Oppilaiden diskursseja tavoitteiden mukaisissa luokissa

Tässä kappaleessa vastaan tutkimuskysymykseen (3): Miten valinnaiskurssin tavoitteet toteutuivat oppilaiden mielestä? Annan ensin esimerkkejä oppilaiden diskursseista

tavoitteiden mukaisissa pääluokissa. Samalla tarkastelen yleisiä tulkintaperiaatteitani. Diskurssit ovat kokonaisuudessaan liitteessä (LIITE 9).

Sisällönanalyysini oppilaiden palautteista eteni siten, että ensin tunnistin aineistosta asiat, joista tässä tutkimuksessa olen kiinnostunut, ja näitä ilmaisevia lauseita pelkistin yksittäisiksi kurssin tavoitteiden mukaisiksi ilmaisuiksi. Tämän jälkeen ryhmittelin pelkistetyt ilmaisut yhtäläisten ilmaisujen joukoiksi (LIITE 9), joiden määrän kirjasin taulukkoon 18.

Kiinnostavuus

Oppilaat ilmaisivat kiinnostusta, joka kohdistui koko kurssiin tai yksittäiseen tapahtumaan. Joskus olen tulkinnut myös pitämisen kiinnostumiseksi. Tulostaulukkoon kirjasin kiinnostavuuden positiiviseksi ja kiinnostamattomuuden negatiiviseksi. Yleensä kiinnostamattomuus koski yksittäisiä tapahtumia.

- Kiinnostavin ja mielenkiintoisin aihe olivat kaaos ja tunteiden selittämättömyys. (J32)
- Kai tämä on ihan hyvä kurssi, ei vaan sovi minulle. (L2)

Maailmankuva

Maailmankuvan rakentamiseksi tulkitsin sen, kun oppilaat mainitsivat asioita, jotka liittyvät maailmankuva-määritelmääni. Kun oppilas mainitsi ”monipuolisuuden”, luokittelin vastauksen koskemaan todellisuuden rakennetta, koska määrittelen tässä tutkimuksessa todellisuuden monitieteellisesti. Maailmankuvan laajentamiseksi tulkitsin sen, kun oppilaat mainitsivat seuraavia asioita: luonnon pohtiminen (a), mielipiteiden ja kokemuksen avartuminen (b), tiedon saanti, ympäristön havainnointi (f), fysiikan ja filosofian oppiminen (f), hyötyä jatko-opinnoissa (f).

Ensimmäisessä kirjeessään oppilaat kertoivat, miksi kurssi kiinnosti heitä. Kirjasin kiinnostuksen kohteet maailmankuva-luokkaan (f), koska oppilailla oli odotuksia filosofian oppimiselle. Seuraavassa on esimerkkejä luokitelluista ilmaisuista. Taulukossa 18 ilmaisut on liitetty yhteen maailmankuva-luokkaan.

a) Ihminen/suhde ympäristöön

- Käsitykseni luonnosta muuttui yhteneväisemmäksi. (G32)

c) Todellisuus/olemassaolo

- Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty. (F2)

d) Todellisuus/rakenne, kehitys

- Kiinnostus maailmaan ja maailmankaikkeuteen kasvoi. (L4)
- Kurssilla tutkitaan monipuolisesti mieltä kutkuttavia kysymyksiä. (B31)
- Olen saanut vastauksia moniin kysymyksiin, joihin olin kuvitellut ettei löydy vastausta. Sekä löytänyt uusia vastauksia ja lisäyksiä, jo ”tietämiini” vastauksiin. (I31)

e) Todellisuuden toiminta/vuorovaikutukset

- Kyllähän kurssi varmasti lisäsi yleissivistystä - siellä kuultuihin nimiin törmää usein (esim. Newton) Hyvä tietää tärkeiden tieteilijöiden taustoja ja pohdintoja. (L4)

f) Tieto/hankinta, käsitteet, merkitykset

- Minusta valinta oli kannattava, koska siitä on hyötyä jatko-opiskelujen kannalta. (K31)
- Kurssi oli ehkä enemmän tieteen kautta (fysiikan) tutkimista. (A32)

Ajattelu

Ajatteluksi tulkitsin lauseet, joissa oli kirjoitettu pohtimisesta, miettimisestä, kysymysten teosta, pään käytöstä ja arvioinnista. Tähän luokkaan kirjasin myös mielipiteen, jossa oppilas kertoi, ettei kurssilla tehdä mitään, vain kirjoitetaan.

-Kukaan ei pakota sinua ajattelemaan, eikä kurssikaan välttämättä ole sitä mitä luulet, mutta jos olet avoin, huomaat pian kuitenkin ajattelevasi. Ajattelun suunta on se mihin virta sinut haluaa viedä. (A31)

-Ja juuri sinun ajatuksillasi on AINA tilaa. (B31)

Tunteet

Tunteiden ilmaisuksi luokittelin lauseet, joissa käytettiin affektiivisia adjektiiveja tai verbejä. Sama oppilas saattoi ilmaista negatiivisia ja positiivisia tunteita. Tunteen ilmaisu saattoi kohdistua kurssiin yleensä ”kivaa” tai yksittäiseen tapahtumaan, esim. ”leffa oli tylsä”. Tunteen ilmaisuun, kuten muihin luokitteluihin, liittyi myös muita merkitysluokkia. Esimerkiksi ilmaus: ”Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa (D2.)” sisältää myös ehdotuksen kurssin toiminnalle.

-Jossain määrin pidin kurssista, asiahan on hyvä, mutta ilmapiiri mättää pahasti. (B2)

-Mutta tunnille oli aina mukava tulla. (A32)

Keskustelu

Keskustelu kurssin opetusmenetelmänä näkyi oppilaiden kirjeissä. Kurssin loppupalautteessa opettajalle (32) olin maininnut useita keskustelun asteita: keskustelu, pohdinta yhdessä, väittely. Tämän takia luokittelin ne yhdeksi ilmaisuksi saman oppilaan kohdalla.

-Jos olet avoin/ valmis/ halukas kertomaan omia mielipiteitäsi toisille tai vuorostaan halukas kuuntelemaan keskusteluja, olet löytänyt etsimäsi. (C31)

-Toisaalta täällä on myös yksinkertaisista asioista juttelua, sellaisista asioista joita ei välttämättä huomaa arkisin. (F31)

Yhteisöllisyys

Yhteisöllisyydeksi luokittelin ilmaisut, joissa oppilas mainitsee ryhmän merkityksen.

-Jos olet hyvä työskentelemään ryhmässä kannattaa sinun valita tämä Luonnonfilosofiaa kurssi. (H3)

-Siinä tutustui muihin ihmisiin hyvin, ja sai kuulla heidänkin mielipiteitään. (I32)

Itsetuntemus

Itsetuntemus liittyy maailmankuvaan: se on mm. omien arvojen ja havaitsemistapojen tiedostamista. Tähän luokkaan olen liittänyt mm. ilmaisut ”avarsi mieltäni”.

-Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta. (L4)

-Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty. (F2)

-Olen pystynyt havainnoimaan itseäni, ympäristöä ja itseäni ympäristössä. (I31)

Vaikuttaminen

Vaikuttamiseksi kurssin sisältöön tulkitsin, että oppilas kokee tulleen kuulluksi ja hänen kysymyksiinsä vastattiin. Erottelin myös oppilaiden parannusehdotukset tai erittelevän mielipiteen ja arvioinnin kurssista, jotka nekin ovat vaikuttamista.

- Siellä keskustellaan oppilaiden kysymyksiä, joten oppilaat itse voivat vaikuttaa kurssiin paljon. (K31)

Ehdotukset

Oppilaiden ehdotukset olivat joko etukäteisehdotuksia, tai ehdotuksia tuli myös kurssin aikana ja jälkeen. Kirjasin tähän luokkaan myös oppilaiden odotukset kurssilta. Monet ehdotukset liittyivät fysiikan opiskeluun, tai ne kertoivat oppilaan sen hetkisestä tarpeesta.

- Mä haluaisin kattoo vaik videoo tai jotain. Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa. (D2)
- Toivottavasti se pystytään vielä tulevaisuudessa järjestämään. (F4)

Kirjasin taulukkoon 18 oppilaiden antamien diskurssien määrän, jonka luokittelin valinnaiskurssin tavoitteiden ja palautteen ajankohdan mukaan. Oppilaiden palautteista nousseet analyysiyksiköt ovat oppilaiden kokemuksia valinnaiskurssin tavoitteista. Koska nämä vastaavat kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen keskeisiä arvo- ja asennetavoitteita, merkitsen analyysiyksiköt taulukkoon 18 kurssin tavoitteina. Taulukkoon merkitsin myös ilmaisujen jälkeen oppilasmäärän. Sama oppilas voi ilmaista ajatuksia, jotka kuuluvat esimerkiksi useaan maailmankuvaluokkaan, joten ilmaisujen summaksi tulee enemmän kuin oppilaiden määrä.

Oppilaiden palautteiden taulukoinnissa tulkitsin ajattelun (3) samanlaiseksi ilmaukseksi pohtimisen kanssa. Tunteen ilmaisun (4) jaoin positiiviseen ja negatiiviseen tunteeseen. Keskustelu (5) liittyy vuorovaikutus- eli sosiaalisiin taitoihin. Kirjasin erikseen kyvyn tunnistaa yhteisöllisyyttä (6), mikä liittyy sekä itsetuntemukseen (7) että sosiaalisiin taitoihin. Vaikuttaminen (8) tarkoittaa omaa vaikutusta kurssin sisältöön, johon liittyy myös omien ehdotusten tekeminen (9) ja kaikenlainen arviointi (10). Kaksi viimeksi mainittua ilmaisua ovat oppilaille tutumpia kuin vaikuttaminen ja kertovat yksityiskohtaisesti vaikuttamisen laadusta.

Taulukon 18 tulokset kertovat oppilaiden kokemuksellisesta tiedosta ja määrästä heidän viiden palautteensa mukaan. Taulukon merkinnöissä on seuraavia merkityksiä:

- Olen kirjannut ensin oppilaiden ilmaisujen määrän ja viereen oppilasmäärän (vinoviiva), koska samalla oppilaalla voi olla useita ilmauksia.
- Runsaat ilmaisujen määrät suhteessa palautteiden määrään olen tummentanut.
- Kurssin lopussa oppilaiden opettajalle antaman palautteen (32) olen *kursivoinut*, koska palaute poikkesi muista palautteista siten, että se oli täytettävä lomake eikä vapaamuotoinen ilmaisu kuten muut palautteet.
- Kiinnostavuudessa käytän plus-merkkiä ilmaisemaan kiinnostusta ja miinus-merkki kertoo, kun oppilaat ilmaisevat, ettei heitä kiinnosta.

Esimerkiksi merkintä **11/9** tarkoittaa, että kirjeessä kurssin lopussa (Palaute 31) 9 oppilasta kirjoitti yhteensä 11 ilmaisua, jotka koskivat ajattelua ja pohtimista. Viimeisellä rivillä on laskettu yhteen oppilaiden kaikki ilmaisut ko. palautteessa. Palautteessa (31) oli 40 ilmaisua, jotka olivat 10 oppilaan kirjoittamia. Yhteensä ilmaisuja tutkimusaineistossa on 198.

Taulukko 18. Oppilaiden antaman kurssipalautteen määrä kurssin tavoitteiden ja palautteen ajankohdan suhteen

<i>Kurssille asetetut tavoitteet:</i>	<i>Palautteen ajankohta ja -määrä/oppilasmäärä</i>				
	<i>alussa oppilaan odotukset (1)</i>	<i>puoliväli kirje ystävälle (2)</i>	<i>lopussa kirje 8.-luokkal. (31)</i>	<i>lopussa palaute opettajalle (lomake) (32)</i>	<i>vuoden päästä kirje opettajalle (4)</i>
Kiinnostavuus	+14/10	+4/4 -4/2	+3/3	+10/4 *	+4/3
Maailmankuva	7/6	4/2	12/6	5/3	14/5
Ajattelu/ pohtiminen	5/5	4/3	11/9	5/4	4/4
Tunteen ilmaus:positiivinen negatiivinen	3/3	8 /7 5/4**	-	3/2	-
Keskustelu/ Vuorovaikutustaidot	1/1	2/2	4/4	7/5	1/1
Yhteisöllisyys	-	1/1	2/2	1/1	-
Itsetuntemus	-	1/1	3/2	-	3/3
Vaikuttaminen/ Oma vaikutus sisältöön	-	-	2/2	-	-
Ehdotuksia/erittelyä	5/4	6/5	-	1/1	1/1
Arviointia	1/1	11/6	3/3	9/6	1/1
<i>yhteensä ilmaisia/oppilaita</i>	36 /10	50/11	40/10	44 /6	28/ 5

* 3 oppilasta ilmaisi, ettei heitä kiinnostanut jokin kurssin tapahtuma.

** yksittäisiä tapahtumia

Yleisesti taulukkoa 18 tulkiten voin sanoa, että oppilaat kokivat Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssin toteuttaman opetuksen kiinnostavana. Kiinnostusta ilmaistiin kurssin lopussa (10/4) ja vielä kurssin jälkeen vuoden päästä (4/3). Puolivälissä kurssia kirjeessä ystävälle oppilaat ilmaisivat melko runsaasti tunteitaan (+8/7; -5/4) ja esittivät ehdotuksia kurssin sisällölle (6/5) ja menetelmille sekä arvioivat kurssia (11/6). Kurssin lopussa oppilaat ilmaisivat paljon maailmankuvaansa ja sen laajenemiseen liittyviä diskursseja (12/6) kirjeessään kahdeksaluokkalaiselle. Erityisesti vuoden päästä oppilaat ilmaisivat runsaasti kurssin merkitystä maailmakuvaan laajenemiseen ja uuden tiedon saamiseen (14/5).

Fysiikan valinnaiskurssin aikana tärkein menetelmä käsitellä aiheita oli keskustelu ja pohdinnat. Ajattelun merkitys tiedostettiin kurssilla hyvin. Loppupalautteessa (31) melkein kaikki mainitsivat ajattelun taidot (11/9). Vuoden päästä kurssista suurin osa vastanneista viidestä oppilaasta tiedosti ajattelun taitojen (4/4) lisäksi itsetuntemuksen lisääntymisen (3/3).

Kurssin alussa ja puolella välissä oppilailla oli myös melko paljon ehdotuksia kurssin kululle. Kurssin puolella välissä noin puolet oppilaista, 6 oppilasta 11 oppilaasta esittää kurssia arvioivia diskursseja (11/6). Kurssin lopussa palautteessa opettajalle oppilaat ilmaisivat tiedostaneensa vuorovaikutteisia opetustapoja palautteessa, joka oli esitetyt (7/5).

Miten valinnaiskurssin tavoitteet toteutuivat oppilaiden mielestä (tutkimuskysymys 3)?

Oppilaiden diskurssien pohjalta ilmeni, että kurssilla sai ilmaista ajatuksiaan ja tunteita, esittää ehdotuksia ja arviointeja. Kurssilla oli vuorovaikutusta ja oppilaat saivat vaikuttaa sen sisältöön. Oppilaat kokivat, että fysiikan valinnaiskurssi oli kiinnostava, se herätti ajattelua ja pohtimista, lisäsi itsetuntemusta ja antoi aineksia maailmankuvaan. Näiden tavoitteiden osalta voin sanoa, että valinnaiskurssi oli onnistunut.

6.3.3 Maailmankuvan tiedostaminen

Tässä kappaleessa tarkastelen, miten oppilaat valinnaiskurssilla ovat tiedostaneet maailmankuvansa rakentumista, ja vastaan tutkimuskysymykseen 3a: Miten oppilaiden maailmankuvan rakentuminen näkyy oppilaiden diskursseissa? Maailmankuva määritelmäni mukaan (kappale 6.1.6) kokonaisvaltaiseen maailmankuvan rakentamiseen tarvitaan tehtäviä, joiden lähtökohta on ihmisläheinen ja jotka käsittelevät olioiden olemassaoloa, myös suhdetta yliluonnolliseen. Paitsi tietoa todellisuuden kehityksestä, rakenteesta ja toiminnasta, tarvitaan tietoa tiedon luonteesta, sen hankkimistavoista, muun muassa havaintojen tekemisestä ja tiedon rajoista. Yksilökohtainen maailmankuva muodostuu, kun oppilas tiedostaa oman maailmankuvansa ja siihen liittyvät arvot ja asenteet. Tiedostaminen on mahdollista, kun oppilas pohtii asioita itse, ilmaisee mielipiteensä ja keskustelee muiden kanssa. Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssilla pyrin järjestämään opiskeluympäristön edellä mainittujen periaatteiden mukaan. Oppilaiden diskursseista näkyy, miten he ovat tiedostaneet maailmankuvaansa ja sen rakentumista.

Maailmankuvan osa-alueet olen maininnut kappaleessa 6.3.1. Maailmankuvaan kuuluvat myös itsensä tiedostaminen, joka on itsetuntemusta ja ihmisten välisiä vuorovaikutuksia, joiden vaiheisiin kuuluvat oma ajattelu ja pohdinta, omien mielipiteiden (ehdotuksia, arviointia) ja tunteiden ilmaisu sekä keskustelu ja yhteisöllisyys. Tämän määritelmän mukaan maailmankuvaan voidaan liittää kaikki taulukossa 18 mainitut tavoitteet. Myös kiinnostuksen ilmaisu on omien ajatusten ja tunteiden ilmaisua.

Seuraavassa tarkastelen taulukkoon 18 keräämääni tietoa maailmankuvan tiedostamisen kannalta. Jaottelen diskurssit aikajärjestykseen. Käsittelem oppilaiden palautteita ja niiden tulkitsemiani merkityksiä ennen fysiikan valinnaiskurssia, sen aikana ja kurssin jälkeen. Ensin esittelen tietoa oppilaiden taustoista, mikä vaikuttaa oppilaiden diskursseihin.

Oppilaiden tausta

Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssilaiset olivat valikoituneita pohtijoita. Heidän kiinnostuksen kohteensa jakaantuivat hyvin laajasti kouluaineista harrastuksiin. Filosofian ja fysiikan (2 oppilasta) lisäksi kiinnostavia aineita olivat kemia, matematiikka (2 oppilasta), musiikki (5 oppilasta), kuvataiteet (3 oppilasta), latina, etiikka ja käsityöt. Oppilaat harrastivat lukemista (2 oppilasta), tanssia, partiota, urheilua ja kasveja. Kiinnostaviksi mainittiin myös eläminen, ihmiset, ilmiöt, haasteet ja pohtiminen.

-Kirjoitan juttuja. Pohdin ja ajattelen usein liikaakin. Tykkään väitellä ihmisen kanssa, joka näkee asiat eri tavalla. Soitan viulua ja laulan, musiikki on tärkeää. Kuuntelen musiikkia suurimman osan ajastani, se saa mielen kulkemaan. (B1)

Opintojaan lukiossa aikoi jatkaa 7 oppilasta, joista neljällä oli tavoitteena erikoislukio (kuvataidelukio 2, luonnontiedelukio 1, urheilulukio 1). Yksi oppilas ilmaisi tavoitteekseen

lähihoitajan ammatin. Yksi oppilas vastasi kysymykseen pohtivasti: ”*Kukaan ei sitä tiedä, ei edes suurempi voima, johon en usko.* (A1)”. Kurssin lopussa hän jo tiesi vähän enemmän: ”*Suunnitelmani elämän suhteen ovat muuttuneet hyvinkin paljon, sitä mukaan kun olen kasvanut.*”

Odotukset kurssin alussa

Alkutilanteessa oppilaiden mielipiteet ovat tutkijan odotusten mukaisia. Oppilaat pitivät kurssia mielenkiintoisena, koska olivat valinneet kurssin. Luonnonfilosofiaa -valinnaiskurssin esitteessä (LIITE 1) oli pohtivia kysymyksiä, joita luvattiin käsitellä kurssilla, joten oppilaat odottivat kurssilta pohtimista ja uutta, oppilaan maailmankuvaa laajentavaa tietoa filosofiasta ja fysiikasta.

Taulukosta 18 näkyy, että kurssin valinneet oppilaat, 12 yhdeksäsluokkalaista, valitsivat Luonnonfilosofiaa -valinnaiskurssin kiinnostuksen perusteella. Oppilaiden ilmaisuista selviää, että heitä kiinnosti erityisesti filosofia (6 oppilasta): yksi mainitsi sen lisäksi fysiikan kiinnostavaksi. Filosofian luonteen mukaisesti oppilaat olivat kiinnostuneita pohdinnoista (5 oppilasta), ja heillä oli ehdotuksia ja toivomuksia kurssin suhteen. Kolme oppilasta ilmaisi odotuksensa lähinnä tunteen avulla: odotan paljon, toivon hauskoja tunteja, houkutteleva kurssi.

-En halua pahemmin filosofiafysiikkaa, koska ne ovat täysin eri asiat. Kytkeytyvät toisiinsa, mutta silti pitäisin erillään. (A1)

Lisäksi kurssin valintaperusteiksi mainittiin keskustelu, kurssin erilaisuus ja uutuus. Kurssin alussa kerroin oppilaille tutkimuksestani ja siihen liittyvästä videoinnista, jolloin yksi oppilas ilmaisi kielteisen kantansa videointiin.

Kurssin puoliväli

Kurssin puolivälissä kirjeessä ystävälle kaksi oppilasta mainitsi maailmankuvan rakentumisen tiedollisia elementtejä. Muutoin oppilaiden diskurssit painottuivat ajattelun ja tunteiden ilmaisuun.

Tunteiden ilmaisua edisti tehtäväanto: kirje ystävälle. Yhdestätoista oppilaasti yhdeksän ilmaisikin tunteitaan. Tunteiden ilmaisu liittyi myös selvästi ryhmäprosessiin. Samat oppilaat ilmaisivat sekä myönteisiä että kielteisiä tunteita. Tunteen ilmaisu kohdistui kurssiin kokonaisuutena tai yksittäiseen tapahtumaan. Kahdeksasta positiivisesta ilmaisusta kaksi koski elokuvaa, muut kuusi koskivat koko kurssia. Kaikki negatiiviset tunneilmaukset liittyivät johonkin tiettyyn tilanteeseen.

Ajattelun ja pohdinnan merkitys näkyi lähinnä kurssin arvioinnissa. Oppilaat arvioivat runsaasti kurssia (11/6). Oppilailla oli myös ehdotuksia kurssin kululle ja sisällölle (6/5). Arvioinnit koskivat käytännön asioita, esimerkiksi: monisteista liikaa, videointi häiritsee ja huonot tuolit. Oli myös henkilökohtaisia ryhmäprosessiin liittyviä ilmauksia ja yleistä kurssiarviointia. Parannusehdotuksina oppilaat mainitsivat seuraavia seikkoja: enemmän toimintaa, videoiden katselua ja syvennetään enemmän kiinnostavia aiheita, kuten esim. avaruus ja Jumala.

Koska haen diskursseja, joissa oppilaat tiedostavat itseään olen luokitellut itsetuntemukseen vain diskurssit, joissa oppilas kertoo itsetuntemuksensa lisääntyneen. Itsetuntemukseksi voisi tulkita myös oppilaiden ilmaukset, joissa hän tunnistaa ominaisuuksiaan, esimerkiksi kykynsä keskittyä tai oman tunteensa (B). Taulukoon 19 olen koonnut näytteitä oppilaiden diskursseista kurssin puolivälissä. Vieressä näkyy, mihin merkitysluokkaan olen tulkinut diskurssin kuuluvan.

Taulukko 19. Oppilaiden diskursseja ja niiden luokittelua kurssin puolivälissä

<i>Diskurssi</i>	<i>Merkitysluokka/ kurssin tavoite</i>
-Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty. (F2)	maailmankuva itsetuntemus ajattelu
-Täällä tunteilla herää monia ajatuksia monien vuosisatojen takaa Platonin ja muiden Filosofien avulla...se joka luulee tietävänsä kaiken, ei tiedä mitään...mietippäs sitä. (C2)	maailmankuva
- Täällä on ollut ihan kivaa. Huono asia on vain se, ettei täällä pysty keskittymään niin hyvin liiallisen ihmismäärän takia, kaikki muut on liikaa paitsi minä. (E2)	tunne arviointi
-Mutta ryhmä on kauhea, ajatukseni lukkiutuvat, tunnen tyhmyyttä ja ylimielisyyttä. Jossain määrin pidin kurssista, asiahan on hyvä, mutta ilmapiiri mättää pahasti. Vihaan tätä. (B)	tunne
-Mä haluaisin kattoo vaik videoo tai jotain. Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa. (D2)	tunne ehdotuksia
-Kaipaen jotain enemmän...vähemmän tieteellistä. Keksiä omia selityksiä miksi ...esim. kukka kasvaa, sataa, salamoit. (L2)	arviointi ehdotuksia

Kurssin lopussa

Kurssin lopussa kirjeessä 8.-luokkalaisille oppilaat analysoivat enemmän kurssin sisältöä kuin ilmaisivat tunteita. Yksi syy tähän on tehtävänanto, siellä kurssia pyydettiin kuvailemaan 8.-luokkalaisille. Yli puolet opiskelijoista kertoi kirjeessä saaneensa kurssilta maailmankuvaa avartavaa tietoa (12 /6). He kokivat, että heidän suhteensa luontoon oli avartunut (5/5), ja he olivat saaneet uutta tietoa maailman rakenteesta (4/4) ja tieteestä (2/1) (LITE 9). Kirjeessä valinnaiskurssia miettivälle 8.-luokkalaiselle ja kurssiarviossa opettajalle melkein kaikki oppilaat mainitsivat, että kurssilla pohditaan. Kirjeessä melkein puolet (4/4) mainitsi kurssilla käytetyt sosiaaliset opetusmenetelmät, keskustelun ja väittelyn. Myös itsetuntemuksen nähtiin kehittyneen mielenkiintoisten aiheiden parissa mukavassa ilmapiirissä (2 oppilasta). Kurssin sisältöön ja opetusmetodeihin vaikuttamisen mainitsi myös kaksi oppilasta.

Ohjeistetun palautteen (32) opettajalle kurssin lopussa täytti 6 oppilasta. Olen ottanut myös tämän palautteen tutkimukseeni, vaikka sen luonne oli erilainen, mutta oppilaat ilmaisivat siinä myös vapaasti mielipiteitään. Palautteessa opettajalle puolet oppilaista (5/3) ilmaisi maailmankuvansa avartuneen. Melkein kaikki arvostivat yhteistä keskustelua kurssilla (7/5) ja pohtimista (5/4). Palautteessa opettajalle oli enemmän arvioita (9/6) kurssista kuin kirjeessä (3/3). Elokuvasta oli kaksi mainintaa, kirjeessä yksi maininta koski elokuvaa. Viisi oppilasta mainitsi oppimispäiväkirjan ja sen epäkohdat: ei ollut aikaa kirjoittaa, ei keksinyt mitään, ei tainnut toimia niin hyvin, kuin opettaja olisi halunnut, usein pystyi purkamaan esimerkiksi pahaa oloa. Ilmaistiin myös tunteita ja ehdotettiin, että tunnilla voisi liikkua enemmän.

Taulukkoon 20 olen kerännyt esimerkkejä oppilaiden ilmaisuista kurssin lopussa. Vieressä on diskurssin merkitysluokka tulkintani mukaan.

Taulukko 20. Oppilaiden ilmaisuja ja niiden luokittelua kurssin lopussa

<i>Diskurssi</i>	<i>Merkitysluokka/ kurssin tavoite</i>
-Kurssilla oppii myös paljon fysiikan asioita. (K31)	maailmankuva
-Olen pystynyt havainnoimaan itseäni, ympäristöä ja itseäni ympäristössä. Olen saanut vastauksia moniin kysymyksiin, joihin olin kuvitellut ettei löydy vastausta. Sekä löytänyt uusia vastauksia ja lisäyksiä, jo ”tietämiini” vastauksiin. (I31)	maailmankuva itsetuntemus
-Jos olet avoin/valmis/halukas kertomaan omia mielipiteitäsi toisille tai vuorostaan halukas kuuntelemaan keskusteluja, olet löytänyt etsimäsi. (C31)	keskustelu vuorovaikutustaidot
-Se pisti pohtimaan käsitykseni luonnosta muuttui yhteneväisemmäksi. (G32)	ajattelu, pohtiminen
-Joo, no, kyl sen nyt jokainen tietää kurssikuvauksesta kurssivalintaoppaassa, jos tänne haluaa, niin tulee, jos ei, niin ei. (E31)	arviointi
-Pystyin myös itse vaikuttamaan kurssin sisältöön. Me loimme tämän kurssin! Valitse vapaasti, mutta valitse oikein.! (I31)	vaikuttaminen

Kurssin jälkeen

Taulukkoon 21 olen koonnut esimerkkejä oppilaiden ilmaisuista vuosi kurssin jälkeen. Tällä kertaa olen kirjannut merkitysluokkaan erikseen, minkä maailmankuvan osion oppilas mainitsee. Vuoden päästä kurssin loppumisesta opettajan kirjeeseen vastasi 5 oppilasta. Näistä kahdella oppilaalla oli ollut kurssin alussa tai aikana negatiivisia ilmauksia fysiikkaa (F) tai ryhmää (E) kohtaan (LIITE 9). Kirjeessään kaikki viisi oppilasta mainitsivat kurssin maailmankuvaansa laajentavana (14/5). Kaikki oppilaat mainitsivat useammassa kohdassa, että kurssista oli ollut hyötyä ja se lisäsi tietoa (9/5) (LIITE 9).

Taulukko 21. Oppilaiden ilmaisuja ja niiden luokittelua kurssin jälkeen

<i>Diskurssi</i>	<i>Merkitysluokka/ kurssin tavoite</i>
Toi tutkimisen ja luonnonkin osaltaan osaksi elämää. (I4)	maailmankuva/luonto
Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta (L4)	maailmankuva/olemassaolo
Kiinnostus maailmaan ja maailmankaikkeuteen kasvoi. (L4)	maailmankuva/ todellisuuden rakenne
Tietoa tuli roppakaupalla mm. filosofeista, fysiikka jutuista. (K4)	maailmankuva/tieto
Se auttoi ainakin siihen aikaan ajattelemaan vähän laajemmin asioita. (F4)	ajattelu
Omat ajatukseni arkipäivän elämässä kulkevat melko samoja reittejä kuin kurssin ajatukset. (A4)	maailmankuva/ympäristö arviointi

Lisäksi kurssi vaikutti oppilaan maailmankuvaan avartavasti (2/2), antoi pohdittavaa olemassaolosta (2/2) ja paransi suhdetta luontoon (1/1) (LIITE 9). Suurin osa mainitsi itsetuntemuksen lisääntymisen (3/3) ja melkein kaikki pitivät kurssia ajattelun taitoja edistävänä (4/4).

Yhteenveto (tutkimuskysymys 3)

Oppilaiden diskursseista ilmenee, että fysiikan valinnaiskurssi auttoi oppilasta tiedostamaan maailmankuvaansa. Kurssin lopussa ja jälkeen oppilaat ilmaisivat runsaammin maailmankuvaan liittyviä diskursseja kuin alussa. Oppilaiden ajattelun taidot olivat kehittyneet, mikä ilmenee diskurssien maailmankuvaa erittelevässä laadussa kuin myös muissa diskursseissa sekä kurssin arvioinnissa. Oppilaat kokivat kurssin vuorovaikutteisuuden myönteisenä ja saivat kokemuksia omista vaikutusmahdollisuuksista.

6.3.4 Opettajan toiminta kurssilla

Omasta päiväkirjastani löytyy merkintöjä, jotka valottavat oppimisprosessia fysiikan valinnaiskurssilla. Puhun itsestäni seuraavassa tekstissä opettajana, koska se auttaa minua tarkastelemaan omia tekstejäni enemmän ulkopuolisena.

Fysiikan valinnaiskurssin päiväkirjassa opettaja kertoi omista ajatuksistaan, arvoistaan, tunteistaan ja tavoitteistaan, mikä kehitti opettajan minäkuvan tiedostamisessa. Oppituntien jälkeinen itsereflektio auttoi aitoon vuorovaikutukseen oppilaiden kanssa. Oman aineen hallinta, kehittyvän fysiikan luonteen ymmärtäminen, avoimuus vanhan kyseenlaistamisessa ja uuden esiintuomisessa antoivat varmuutta laajentaa keskustelua. Opettaja ei ollut vain tiedon välittäjä vaan tutkija, joka neutraalista esitti monia näkökulmia, ja myös aikuinen, jolla oli tietty itsetuntemus ja tarvittaessa omia mielipiteitä. Hän tunsi oman tapansa työskennellä, hyvät puolet ja myös huonommat. Tiedostamiseen kuului omien virheiden tunnistaminen ja tilanteen korjaaminen. Tutkijan rooli opetuksessa antoi monia mahdollisuuksia innostavaan vuorovaikutukseen oppilaiden kanssa.

Valinnaiskurssin luonteen vuoksi opettaja pystyi sisällön lisäksi kiinnittämään huomiota yksilöiden mukanaoloon kurssilla ja ryhmäprosessiin. Opettajan rooliksi muodostui olla keskustelun herättäjä, mielipiteiden ja tunteiden kyselijä ja yleensä ajattelun ohjaaja. Uusien näkökulmien löytäminen oli luova prosessi. Kun opettaja oli poissa ja sijainen piti tunnit, tehtävän anto ei onnistunut. Opettaja havainnoi tilannetta luokassa, oppilaiden reaktioita ja osallistumista sekä omaa toimintaansa. Kun opettaja huomasi oppilaassa vetäytymistä tai kielteisiä tunteita, hän kiinnitti huomiota enemmän ko. oppilaaseen, kuunteli enemmän ja kyseli. Oppilaat saivat ilmaista mielipiteitään ja tunteitaan, ja pystyivät myös vaikuttamaan kurssin sisältöön. Seuraavassa on otteita opettajan päiväkirjasta.

” 28.11 kotona klo 18.15

Kivitunti oli tänään. Ensin leikki esineistä, oppilaat kertoivat vain vähän. Sitten sai tutkia kiviä vapaasti. E tutki magneettisuutta, L, G, F ja D sähkönsäilyvyyttä ruusukvartsilla, I ja K hankaussähköä. Sitten H ja E intoutuivat leikkimään magneeteilla. Yritin puhua vuorovaikutuksista. Ja saada heidät kirjoittamaan kiven tarinaa ja havaintoja ja väitteitä... B makasi lattialla nurkassa ja lähti sitten sanaakaan sanomatta pois. Minun pitää jutella hänelle, vihaako hän ehkä fysiikkaa. Minua vähän masentaa, saanko kurssista mitään irti. ENSI KERRALLA pitää laittaa kysely.”

”11.12.01 koululla klo 14.31

Tosi hyvä ja rento olo tunnin jälkeen. Aloitin tunnin karamellin syönnillä. Miltä tuntuu syödä karkkia laboratorioluokassa? Koska söin itekin, he eivät hämääntyneet, olisi pitänyt olla syömättä ja olevinaan olla vihainen. Näytin myös videopätkän jostain TV sarjasta (tuoksuja ja tunteita), jotta he pääsisivät enemmän tunteisiin käsiksi. Sitten jokainen kirjoitti oman mielipiteensä, jota pidän tärkeänä. Keskusteltiin ja verrattiin tunneteorioihin. Lopuksi otin luonnontieteellisen kannan. Tuntui etten puhunut niin paljon itse vaan kuuntelin. Erityisesti kiinnitin huomiota L:ään ja B:hen, jotka voivat huonosti kirjelmän mukaan. Annoin jopa rahaa fysiikan kassasta B:lle kahvin

ostamiseen, ei ollut kiirettä emmekä tehneet paljon, vaikka joku oli kaivannut juuri tekemistä lisää...En enää jännitä videoita..”

Koska kurssilla ei ollut pakollista oppisisältöä vaan runsaasti ennalta valmisteltua materiaalia, opettaja pystyi olemaan joustava ja muuttamaan suunnitelmia. Kaikkea materiaalia ei tarvinnut käyttää. Hän pohti, miten paljon tulisi tehdä tehtäviä kirjallisesti tai käsitellä asioita suullisesti. Loppujen lopuksi tilanne muodostui sellaiseksi, että kurssilla puhuttiin enemmän kuin kirjoitettiin. Useimmat oppilaat olivat haluttomia tekemään oppimispäiväkirjaa. He mielsivät sen enemmän koulun perinteiseksi tavaksi tehdä muistiinpanoja eivätkä ymmärtäneet sitä mielipide- tai purnausvihkona. Oppilaat eivät myöskään tehneet paljoa kotitehtäviä. Tilanteet muuttuivat nopeasti, ja opettaja teki uusia yllätyksellisiä ratkaisuja. Esimerkiksi kun oppilas myöhästyi oppitunnilta, hän joutui perustelemaan myöhästymisensä muille. Kurssi oli luova prosessi opettajalle. Mieleen tuli paljon uusia ideoita, joista monet pystyi toteuttamaan heti. Esimerkiksi pallon heittäminen voi symbolisoida vuorovaikutusta välittävää hiukkasta. Ja kurssin loppuun syntyi koosteen tarina, joka nivoi aiheet yhteen (LIITE 7). Opettaja antoi oppilaille myös palautteen, miten itse koki kurssin.

Päiväkirjan kirjoittaminen mahdollisti jatkuvan itsekritiikin. Fysiikan valinnaiskurssilla toimi se, että keskusteluissa opettaja avoimesti ja aidosti ilmaisi ajatuksiaan ja tunteitaan ja vastaanotti samaa oppilailta. Se ei ollut aina helppoa, mutta loi luottamuksellisen, läheisen, mutta kunnioittavan vuorovaikutuksen oppilaan ja opettajan välille. Fysiikan valinnaiskurssilla syntyi paljon keskustelua, mikä on kuultavissa videolta, mutta joskus hiljainen myöntäminen oli oppilaiden tapa reagoida. Opettaja kiinnitti paljon huomiota taitoonsa kuunnella mieluummin oppilasta kuin itse selittää.

Opettaja arvioi jo kurssin aikana kurssia ja sen merkitystä. Yhdeksi kurssin tavoitteeksi oli asetettu, että tyttöjä kiinnostaisi enemmän luonnontieteen opinnot. Jo kurssin alussa selvisi, että vaikka valinnaiskurssilla oli suurin osa tyttöjä, heillä oli jo varsin valmiit suunnitelmat tulevaisuudelle, ja useimmat heistä suhtautuivat jo alun perin fysiikkaan myönteisesti (kappale 6.3.3). Muutaman oppilaan kohdalla tapahtui asenteen muutos positiiviseksi, mikä vaatii lisätutkimusta. Jo varhain opettaja arvioi, että kurssilla on paljon merkitystä sille, mitä toimintoja se tuo perusopetukseen.

7 Pohdintaa: fysiikan opetuksen filosofisten ja kasvatuksellisten sisältöjen pohdintaa

Tässä luvussa tarkastelen niitä fysiikan opetuksen lisäsisältöjä, joiden kautta tutkimukseni mukaan koulun kasvatustavoitteet, arvo - ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentuminen toteutuvat (kappaleet 6.1.8 ja 6.2.3). Kokonaisvaltainen fysiikanopetus kiinnostaa oppilasta ja edistää siten oppimista, rakentaa maailmankuvaa ja auttaa tiedon siirrossa, kun tuodaan esiin monia näkökulmia. Näitä aiheita käsittelevin fysiikan valinnaiskurssilla keskusteluissa oppilaiden kanssa. Tarkastelen kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen aiheita fysiikan valinnaiskurssin tehtävien ja niissä tehtyjen oletusten pohjalta. Kerron esimerkkejä, miten lähestyin aihetta fysiikan valinnaiskurssilla, sitten tarkastelen aiheesta tehtyjä tutkimuksia. Aiheet antavat filosofisia ja kasvatuksellisia näkökulmia fysiikan opetukseen. Oppilaiden kurssimateriaalissa oli lyhyitä selostuksia näistä aiheista.

Käsittelevin tarkemmin havaintojen tekemisen (luku 7.1) ja tiedon ja tieteen luonteeseen liittyviä kysymyksiä (luku 7.2), joita ei ole perinteisessä fysiikan opetuksen oppiaineuksessa. Havaintojen tekemisen opettaminen on fysiikan opetukselle luonteva ihmiskeskeinen aihe. Vuorovaikutus (luku 7.4) on esimerkkinä kokonaisvaltaisesta aiheen käsittelystä. Tieteen kehitys ja keskeneräisyys sekä ristiriitaiset kysymykset herättävät kiinnostusta ja antavat aineksia realistisen maailmankuvan muodostumiselle sekä kertovat fysiikan luonteesta. Näitä kysymyksiä käsittelevin luvussa 7.3.

7.1 Havaintojen tekeminen

Olen määritellyt aiemmin (luku 1.2) käyttämäni käsitteet *havaitseminen*, *havaintojen tekeminen* ja *havainnointi*. Havaintojen tekeminen on tieteellinen termi, joka liittyy yksittäiseen tilanteeseen ja sen objektiiviseen, kokonaisvaltaiseen tarkasteluun. Havaitseminen on termi, joka liittyy yksittäisen tilanteen aistimiseen. Havainnointi liittyy kvalitatiivisen tutkimuksen tekoon. Esimerkiksi haastattelussa tutkija saa selville, mitä henkilöt ajattelevat ja uskovat. He kertovat, miten he havaitsevat, mitä ympärillä tapahtuu, mutta eivät kerro, mitä todella tapahtuu. Havainnoinnin avulla saadaan tietoa, toimivatko ihmiset niin kuin sanovat toimivansa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2005, 201.)

Tutkimukseni mukaan (kappale 6.2.2) havainnot liittyvät itsetuntemuksen, sosiaalisten taitojen kehittymiseen, arvokasvatukseen ja maailmankuvan rakentumiseen. Havaintojen ja siihen liittyvän ajattelun kautta oppilaat tulevat tietoisiksi ajattelustaan ja toiminnastaan (Lippmann 2003, 65-68), jonka motiiveja ovat arvot (Kallio 2005, 14; Launonen 2007, 134). Omien arvojen ja asenteiden miettiminen ja tiedostaminen kehittää itsetuntemusta (Hannukkala 2003; Aalto 2002, 21-23) ja maailmankuvaa (Niiniluoto 2002, 85). Yksilön kehityksellä ja sosiaalisilla suhteilla on läheinen yhteys (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231); esimerkiksi opetustapahtumassa tieto etsitään vuorovaikutuksessa (Säljö 2004, 15-18).

7.1.1 Havaintojen tekemisen opetus fysiikan valinnaiskurssilla

Sitä, että oppilas osaa tehdä havaintoja fysiikan oppitunnilla, pidetään selviönä yläkoulussa, koska se liittyy jo päiväkodin ja ala-asteen opetussuunnitelmiin ja on opittu siellä. Kokemukseni mukaan yläasteen oppilaat ovat epävarmoja havaitsijoita, jotka voivat kysyä:

”Mitä tässä pitäisi näkyä tai tapahtua?” Opettaja voi vaikuttaa oppilaiden tapaan tehdä havaintoja kannustamalla heitä itsenäisyyteen ja huomaamaan oleellisia seikkoja. Havaintojen tekeminen on kehittyvä ja syvenevä taito, joka on hyvä nostaa esille myös yleisillä asteilla.

Fysiikan valinnaiskurssilla havainnointi oli aiheena neljän oppitunnin ajan. Myös myöhemmissä vaiheissa aiheeseen palattiin. Esiymmärrykseni havaintojen tekemisestä näkyy kurssitehtävissä (Kärnä 2001). Lähtökohtani oli, että havainnointi on ihmisen tapa saada tietoa ympäristöstä ja itsestään, ja on myös oppimisen väline. Ihminen työstää ympäristön havaitsemista kokemuksensa perusteella, joten havainnointi on subjektiivista ja myös tulkintaa. Ennakkokäsitykset voivat vaikuttaa luonnontieteelliseen tutkimukseenkin. Jonkin aikaa luultiin havaintojen perusteella, että Marsissa on kanavia, koska ihmisen silmä pyrki yhdistämään yksityiset pisteet viivaksi. Sosiaalisissa tilanteissa havaitsijan asenteet voivat vaikuttaa: esimerkiksi rikostutkijat eivät anna yksityiskohtaista tietoa mielellään julkisuuteen, koska yleinen lehdistä luettava tai radiosta kuultu tieto vääristää yksityisiä havaintoja.

Fysiikan valinnaiskurssilla opetuksen lähtökohta oli näköaistimme. Miten se toimii? Miten henkilö käyttää näkemistä itsen ja ympäristön havaitsemiseen? Oppilaan omien aistien käyttöä havainnointiin harjoitettiin: *Mitä näet, kuulet ja tunnet? Miten perustelet olemassaolosi?* Tässä halusin laittaa oppilaat pohtimaan, mikä merkitys havaintojen teolla on olemassaolon kysymykseen. Oli muitakin filosofisia kysymyksiä havainnoinnin rajoista ja objektiivisuudesta: *Miten havainnoit itseäsi?* Seuraavaksi käsiteltiin luonnontieteellistä tapaa havainnoida eli ympäristön havainnoimista. Tämä tehtävä liittyy myös luonnontieteelliseen selittämiseen. Havainnoista ei voi kertoa ilman käsitteitä. Käsitelimme kielen ja käsitteiden vaikutusta havainnoiden informoinnissa. Tehtävänä oli kuvata kaukoputken tai mikroskoopin näkymä ja sitten selittää kuva, joka esittää varjostimella näkymää tilanteissa, jossa valo on kulkenut kahden kapean raon läpi. Fysiikan käsitteet on tunnettava, ennen kuin osaa selittää tai kuvailla havaintoja. Toisissa tehtävissä huomasimme, että jokaisella on oma merkitys sanoille: *Mitä eri merkityksiä sanalla energia on sinulle?* Kokeilimme myös keskittymisen ja rentoutumisen vaikutusta havaintojen tekemiseen. Videolta pystyimme tarkkailemaan vain annettuja ominaisuuksia, muut jäivät epäselvemmiksi.

Mikroskoopin kuvaa kuvatessamme päädyimme kysymykseen havaintojemme tulkinnallisuudesta: *Onko havaitseminen objektiivista ja luotettavaa? Tulkitsemmekö näkemäämme? Vaikuttavatko ennakko-odotukset ja kokemuksemme havaintoihin?* Tulkinnallisuutta tarkastelimme tehtävän avulla, jossa tarkasteltiin seinälle kiinnitettyä abstraktia kuviota. Omaa tulkintaa verrattiin toisten tulkintaan. Oppilaat kuvaavat abstraktia taulua ja huomaavat, miten he tulkitsevat kuvien muodot tutuiksi kuvioiksi, esimerkiksi pilviksi ja porkkanoiksi. Havaintojen tulkinnallisuutta testattiin vielä tarkastelemalla ikkunasta näkyvää maisemaa, pahvipalojen värejä ja videota, josta saatiin ennakkotietoa ja syntyi odotuksia. Kuvailtiin myös samaa koulumatkaa illalla ja aamulla tarkoituksena tutkia tunteiden vaikutusta havaitsemiseen. Huomasimme havaintojemme perustuvan aikaisempaan tietoon tai uskomuksiin. Oppilaat kertoivat, että näkevät talon, vaikka he eivät pysty näkemään talon kolmiulotteisuutta. He näkivät vain yhden ulkoseinän, jonka tietävät kuuluvan taloon. Tehtiin myös tutkimus, jossa kokeiltiin ennakko-odotusten vaikutusta nopan heittämiseen.

Luonnontieteellisessä tutkimuksessa mittaaminen on havaintojen tekoa. Kaikki mittaaminen perustuu vertailuun. Et voi sanoa esineestä, että se on suuri, ellei sinulla ole vertailukohtaa. Oppilaille voidaan antaa tehtävä: *Miten kuvailisit itseäsi ilman standardimittoja?* Esineen suuruusluokan ja muodon arviointi perustuu sen ympäristöön. Sama ympyrä näyttää pieneltä

suurten joukossa ja suurelta, jos sen ympärillä on pieniä ympyröitä. Ihminen on pieni verrattuna Maapallon kokoon mutta suuri verrattuna vesipisaraan.

Seuraavissa kappaleissa tarkastelen havaintojen tekemistä tieteessä ja fysiikan opetuksessa. Onko havaintojen tekeminen tulkintaa ja miten se vaikuttaa tieteen objektiivisuuteen?

7.1.2 Havaintojen tekeminen tieteessä

Fysiikan valinnaiskurssilla huomasimme, ettemme pysty havaintojen tekoon ilman tarpeellisia käsitteitä ja tietoa siitä, mihin pyrimme. Tieteessä puhdasta aisteihin perustuvaa havaintoa ei juuri esiinny. Joissakin tapauksissa saadaan suoraa tietoa tekemällä havaintoja. Esimerkiksi astronomit havainnoivat taivaankappaleita ja analysoivat saamaansa tietoa. (Smith & Reiser 2005, 316.) Kokeellinen fysiikka kehittyi tavallaan arkihavaintojen vastaisesta toiminnasta. Galilei teki koejärjestelyn, jonka avulla hän tutki eri painoisten kappaleiden putoamiskiihtyvyyttä. Hän teki mittaustulosten perusteella johtopäätöksen, että kaikilla kappaleilla on tyhjiössä sama putoamiskiihtyvyys. Maa näyttää litteältä, mutta teoria ja myöhemmin tarkemmat havainnot osoittivat sen pyöreäksi.

Havaintojen tekemisessä käytetään mittalaitteita, joiden avulla välillisesti saadaan tietoa tutkittavasta ilmiöstä. Mittavälineitä voivat olla viivaimet, vaa'at, mikroskoopit, lämpömittarit tai monimutkaisemmat koejärjestelyt. Esimerkiksi Auringon fuusioreaktio on todennettu havainnoimalla fuusioreaktiossa syntyneitä ja maahan saapuvien, fuusioreaktiossa syntyneiden neutriinoiden jättämiä jälkiä klooriliuoksessa. Ennen havaintoa koejärjestelyä piti suunnitella taustaoletuksena olevan fuusioteorian perusteella. (Norris 1985, 817-833.) Mittausjärjestelmä vaatii teoreettista osaamista ja hyvää suunnittelua.

Tieteessä havaintojen tekeminen on hyvin intentionaalinen ja teoriasidonnainen. Havaintojen tekeminen on valikoiva prosessi, ja siihen tarvitaan tietoa sen tarkoituksesta (Hodson 1986, 18-20). Tieteellinen havaintojen tekeminen perustuu enemmän intentioniin kuin aistihavaintoihin: ilmiöstä tarkkaillaan vain seikkoja, jotka ovat merkityksellisiä teorianmuodostukselle (Norris 1985). Tiedemiehet ymmärtävät tutkimuksen tarkoituksen, heillä on päämäärä, johon he pyrkivät saamaan vastauksia, kun he tekevät havaintoja (Smith & Reiser 2005, 320). Tiedemiehillä on ollut kysymyksiä, joihin he ovat pyrkineet vastaamaan, ennen kuin he ovat järjestäneet tutkimustilanteen havaintojen tekemistä varten. Fysiikan valinnaiskurssilla tieteen käsittelyn yhteydessä oppilaat saivat tehtäviä, joissa heidän tuli miettiä, mihin kysymykseen tiedemies etsi vastausta, kun hän ”keksi” jotain merkittävää (Kärnä 2001). Monet keksinnöt ovat syntyneet ikään kuin vahingossa, kun on tutkittu toista ilmiötä.

Aistihavainto ja ilmiö eroavat toisistaan. Havainnot eivät takaa teorian paikkansa pitävyyttä. Sama havainto voi näyttää erilaiselta riippuen, mistä viitekehyksestä sitä katsotaan. Massa, aika ja energia ovat eri käsitteitä Newtonin mekaniikassa ja kvanttifysiikassa. (Hodson 1986, 23.)

Havaintojen tekeminen on heuristinen tapahtuma. Jotta tutkija voisi raportoida tutkimuksensa perustuvan havaintoihin, siltä vaaditaan, että havaintoväline tai järjestely todistaa ilmiön uskottavasti ja antaa vastauksia teorianmuodostukselle. Kun löydetään uusia teorioita, osataan rakentaa myös uusia havaintovälineitä kuvaamaan aikaisemmin tuntemattomia alueita. Nykyään molekyyliä voidaan ”nähdä” elektronimikroskoopilla. (Norris 1985, 817-833.) Havaitsemisen ja teorianmuodostuksen yhteydessä päästään mielenkiintoisiin ontologisiin,

olemassaoloa koskeviin kysymyksiin. Onko esine olemassa vaikkei sitä havaita? Ontologisia kysymyksiä käsittelen tarkemmin luvussa 7.2.

Tieteellisen tiedon kohdetta ei koskaan tunneta suoraan vain havainnoimalla, vaan havainnot luokitellaan ja niistä luodaan teorioita (Heisenberg 1958/2000). Teorianmuodostukseen tarvitaan kognitiivisia taitoja, tiedon järjestelmällistä käsittelyä. Tieteessä havaintojen tarkoitus on testata teorioita, ei kerätä informaatiota. Uudet havainnot eivät johda automaattisesti uuteen teoriaan. (Hodson 1986, 25.) Ihminen kokee maailman havaitsemiensa asioiden kokonaisuuksina, ilmiöinä. Käsitykset ilmiöistä ohjaavat ihmisen toimintaa ja puhetta. Esimerkiksi peruskoulun oppilas ei koe todellisuutta osioina, jotka ovat joko matematiikkaa, biologiaa tai muuta vastaavaa, vaan hänen elämänsä kulkuun liittyvinä merkityksellisinä kokonaisuuksina. Ihmisen oppima maailmankuva on aina monitieteellinen. (Rauste-von Wright ym., 208-209.)

Tieteeseen liittyy kysymys tiedon luotettavuudesta. Onko ulkoinen todellisuus objektiivinen ja voidaanko siitä saada objektiivista tietoa? Gresser (2006) esittää fysiikan opetukselle yleisen periaatteen, että ”on todellinen ulkomaailma, josta jokainen yksilö luo oman sisäisen tulkintansa, ja tulkinta perustuu havaintoon” (Gresser 2006, 16). Pauli ja Laurikainen ovat sitä mieltä, ettei ole mahdollista tehdä eroa havaitsijan psyykkisen toiminnan ja ulkomaailmasta tulevien ärsykkeiden välillä, havaitsija vaikuttaa kohteeseen (Laurikainen 1997). Suljettua tutkimusympäristöä ei voi luoda. Tästä esimerkkinä on kaaosteoria. Tietoa ja sen luottavuutta käsittelen enemmän luvussa 7.2.

7.1.3 Havaintojen tekemisen tulkinnallisuus

Fysiikan valinnaiskurssilla tuli ilmi eri yksilöiden havaintojen erilaisuus samasta aiheesta. Havaitseminen on silmien ja aivotoiminnan tekemää tulkintaa (vrt. kappale 7.1.2). Havainnot ilmaistaan sanoin, mikä aiheuttaa jälleen tulkintaa. Eskolan ja Suorannan (1998) mukaan kieli välittää ja tulkitsee todellisuutta, ja ymmärrämme sen kukin tavallamme. Kielen avulla ihminen tulkitsee toimintaansa ja antaa sille merkityksiä. Toiminnan kuvaus ja toiminnan havaitseminen edellyttävät käsitteellistä ajattelua. (Eskola & Suoranta 1998, 144.) Lapsen kielen oppiminen tapahtuu liittämällä yhteen havaintoja ja käsitteitä. Yksinkertaistettuna koulussa pyritään opettamaan fysiikan käsitteitä samalla tavoin.

Luonnontieteiden käsitteiden eksakti oppiminen voi olla hankalaa ja tulkinnallista, koska puhekielen sana tai lause merkitsee eri asioita eri henkilöille riippuen ihmisen taustasta ja henkilöhistoriasta. Puhekielen melkein kaikilla sanoilla on jokaiselle oma merkitys. Fysiikan kannalta on merkittävää, että fysiikan käsitteet, kuten työ ja energia, ilmenevät puhekielessä eri merkityksissä. Sanotaan esimerkiksi, että ”sain luonnossa liikkumisesta energiaa”. Tällöin tarkoitetaan psyykkistä energiaa. ”Onko sanonnalla fysikaalinen merkitys?” kysyi myös Jung eikä löytänyt suoraa yhtäläisyyttä (Jung 1960, 17-21).

Luonnontieteessä havaintojen tekeminen riippuu teoriasta ja siihen liittyvistä käsitteistä. Kaukoputkesta näkyvä kohde on aloittavalle harrastelijalle vain valoläiskä, mutta ei asiantuntijalle. Koulussa fysiikan opiskelu on uusien käsitteiden oppimista: oppilaat saavat uusia välineitä ilmaista ja tiedostaa maailmankuvaansa. Yhteiset käsitteet mahdollistavat kommunikoinnin ja ymmärretyksi tulemisen muiden kanssa. Luonnontieteissä pyritään oppimaan yksiselitteisiä käsitteitä, joita oppilaat osaavat käyttää oikeassa kontekstissa. Käsitteiden eksakti oppiminen on silti hankalaa (Kurki-Suonio 1998a, 172-180).” Minua ilahduttaa, että luonnon ymmärtämiseksi on turvauduttava näin kummallisiin sääntöihin ja

logiikkaan”, sanoi Richard Feynman, joka sai Nobel palkinnon valon ja aineen ihmeellisen teorian (QED) rakentamisesta vuonna 1965 (Feynman 1991).

Niin sanottujen trikkikuvien avulla voidaan todeta, että sama kuva voidaan tulkita monella tavalla riippuen, mihin katse kohdistuu, mitä osaa kuvassa katsoja pitää taustana. Pitää tietää, mitä etsiä, mihin kohdistaa katseensa. (Hodson 1986, 18-20.) Konstruktivistisen ajattelun mukaan havainnoinnissa ovat keskeisinä elementteinä informaation valikointi ja tulkinta. Havainnot tulkitaan aiempien kokemusten muodostaman viitekehyksen pohjalta ja vallitsevaan tilanteeseen liittyvinä. Havainnointia ohjaavat yksilön käsitykset siitä, mitä on tapahtumassa. Havaitsemis- ja informaation tulkintatilanteessa vaikuttavat siis yksilön emotiot, kuten pelot, halut, toiveet ja intressit. Uuden tilanteen tutut piirteet aktivoivat ihmisen sisäistä mallia. (Rauste-von Wright ym. 2003, 90- 92.) Yksilön oppiminen ja todelliset muutokset toiminnassa vaativatkin usein automaattisiksi muotoutuneiden toimintatapojen tai käsitysten purkamista. Tärkeää ei ole niinkään uusien tietojen oppiminen vaan se, että opitaan uusia tapoja tulkita ja jäsentää tuttuja ilmiöitä. (Rauste-von Wright ym. 2003, 54-55.) Kouluoppimisen voidaan sanoa olevan tiedostettujen tulkintojen oppimista.

Opetuksen tutkimuksessa on kiinnitetty paljon huomiota oppilaan ennakkokäsityksiin, jotka konstruktivisen oppimiskäsityksen mukaan estävät uuden oikean tiedon rakentumista. Ennakkokäsitysten tiedostaminen on tärkeää myös havaintojen tekemiselle. Vertaamalla vääriä yhtäläisyyksiä ja erilaisuuksia oppilas saattaa yhdistää uuden käsitteen ja vanhan ennakkokäsityksensä ja luopua siitä. Norris (1985) kuvaa kouluissa tehtäviä harjoituksia, joissa opettajat pyrkivät saamaan oppilaan erottamaan toisistaan havainnon ja tulkinnan. Esimerkiksi oppilaat laitetaan kuvaamaan ”mustissa purkeissa” olevien aineiden ominaisuuksia avaamatta purkkia. Oppilaat kuvaavat aineita esim. ilmaisulla ”liiman kaltainen”, mikä jo sisältää käsitteen, eikä ole vain aistihavainto. (Norris 1985, 817-833.) Fysiikan valinnaiskurssilla oppilaat kuvaavat kaksoisrakokokeen hiukkas-aaltokuvioita pelkkinä läiskinä, koska eivät tunne teoriaa, he eivät osaa tulkita, joten he kuvaavat aistihavaintoa.

Hodsonin (1986) mukaan aistihavainto on tiedostamaton tapahtuma, joka tapahtuu ilman tietoisuutta. Sen sijaan havainnon tekeminen on tietoista toimintaa, informaation tulkintaa. Harvoin puhumme pelkästä aistihavainnosta. Puhdas aistihavainto on esimerkiksi joukko viivoja, mutta yleensä katsoja tulkitsee viivat joksikin tunnetuksi hahmoksi. Havaintojen hyödyllisyys ja laatu riippuu kielestä, jolla havainnot ilmaistaan. Havaintojen tekeminen on enemmän kuin näkeminen, ja näkeminen on muutakin kuin informaation vastaanottamista. (Hodson 1986, 21-22.)

7.1.4 Havaintojen tekeminen fysiikan opetuksessa

Suomessa peruskoulun luonnontieteiden opetussuunnitelmissa havaintojen tekeminen mainitaan ensimmäisestä luokasta lähtien: ”Oppilas oppii tuntemaan luontoa ja rakennettua ympäristöä ja havaitsemaan omassa elinympäristössään tapahtuvia muutoksia. Oppilas oppii hankkimaan tietoa luonnosta ja ympäristöstä havainnoimalla ja tutkimalla... Oppilas oppii tekemään havaintoja eri aisteja ja yksinkertaisia tutkimusvälineitä käyttäen sekä kuvailemaan ja vertailemaan havaintojaan.” (Anon. 2005a.) Jo ensimmäisen ja toisen luokan oppilaalta vaaditaan tiedon hankintaa havainnoimalla ja sen käsittelyä vertailemalla. Koko peruskoulun ajan havaintojen tekeminen tiedon hankinnan välineenä mainitaan eri luokkien opetussuunnitelmissa. Opetussuunnitelmien perusteella näyttää siltä, että havaintojen tekemisen aste kehittyy eri luokka-asteilla.

Neljännän luokan opetussuunnitelmassa on maininta havaintojen tekemisen intentionaalisuudesta. ”..osaa tehdä havaintoja eri aisteilla sekä osaa kohdistaa huomionsa havaintojen teon kohteen olennaisiin piirteisiin” (Anon. 2005a). Sama mainitaan kuudennen luokan opetussuunnitelmassa, mutta tekstissä on lisänä havaintojen tekemisen kohde: ”..osaa tehdä havaintoja ja mittauksia eri aisteilla ja mittausvälineillä sekä osaa kohdistaa havaintojen teon kohteen olennaisiin piirteisiin, esimerkiksi liikkeeseen tai lämpötilaan ja niiden muutoksiin” (Anon. 2005a). Edelleen oppilaalta edellytetään, että hän ”osaa tehdä johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan, esittää mittaustuloksiaan esimerkiksi taulukoiden avulla sekä selittää luonnon perusilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita, kuten esimerkiksi ”mitä suurempi massa kappaleella on, sitä vaikeampi se on saada liikkeelle tai pysäyttää.”(Anon. 2005a)

Seitsemännestä yhdeksänteen luokan opetussuunnitelmassa mainitaan, että fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat oppilaan aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset sekä ympäristön kappaleista, aineista ja ilmiöistä tehty havainnot ja tutkimukset, joista edetään kohti fysiikan peruskäsitteitä ja lakeja. Kokeellisuuden tehtävänä on auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja sekä kehittää kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja ja innostaa oppilasta fysiikan opiskeluun. (Anon. 2005a)

Suomen peruskoulun uusimmassa opetussuunnitelmassa (Anon. 2005a) näkyy ”havaintojen tekemisen” syvenevä prosessi. Voi olla, että ala- ja yläkoulun välillä yhteys on katkennut. Norriksen (1985) mukaan ala-asteen oppilailla on hyödyllistä harjoittaa aistihavaintoja, vaikka se ei ole yksinkertainen taito. Vanhemmat oppilaat tarvitsevat opetusta havaintojen tekemisen intentionaalisesta luonteesta. (Norris 1985, 817-833.) Kokemukseni mukaan myös peruskoulun yläluokilla tarvitaan havaintojen tekemisen ohjaamista. Fysiikan opetus on kehittynyt niin, että opetuksen lähtökohtana on ilmiön ja olioiden tarkasteleminen. Monet suomalaiset opettajat ovat tutkimuksissaan todenneet toimivaksi hahmottavan lähestymistavan, jossa ilmiön hahmottamisen, mittausprosessin, tiedon induktiivisen järjestämisen ja deduktiivisen tarkistuksen kautta päästään teorianmuodostukseen (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 252; Kärnä 1994; Lautala 2000).

Hodson (1986) kiinnitti huomiota 1980-luvulla siihen, että koulujen opetussuunnitelmissa kerrotaan tieteen menetelmistä epätarkasti. Opetussuunnitelmissa sanottiin, että tieteen metodin mukaan havainnot järjestetään teorioiksi ja laeiksi, joiden avulla ennustetaan yksittäisiä tapahtumia. Tässä tehdään oletus, että tiede alkaa havainnosta ja havainnot ovat tieteen vahva perusta. Tämä väärinkäsitys siirtyy luokahuonetyöskentelyyn ja koululaisiin. Taustalla on oletus, että tiede antaa todellisen objektiivisen ja arvovapaan kuvan maailmasta. (Hodson 1986, 17-18.) Opiskelijat voivat saada tämän takia käsityksen, että heidän havaintonsa tulisi olla ”faktaa” tai oikeita tai vääriä sen sijaan, että ne ovat monipuolisia arveluja ja päättelyitä (Smith & Reiser 2005, 321).

Havaintojen tekeminen on muutakin kuin luonnontieteellisen tiedon lähde. Havainnoinnin ja päättelyn kautta kehittyä itsetuntemus ja maailmankuva. Havainnointi antaa tietoa itsestä ja ympäristöstä ja on siten viestintäväline. Nymanin (2005) mukaan nykyfysiikan perusteksteihin ei kuulu mainintaa siitä, että se tarjoaa juuri ihmisen havaintomekanismeihin rajautuvan maailmankuvan. Nymanin (2005) mukaan mikäli esiintyisi vakavaa kiinnostusta fysiikan ihmiskeskeisyyteen, voisi tuloksena syntyä teoria luonnontieteellisen mittaamisen ja havaitsijan ominaisuuksien välisestä suhteesta eli kuvaus siitä miten erilaiset

havaintojärjestelmät voivat ideaalitilanteessa mahdollistaa maailmankuvan muodostumisen. (Nyman 2005, 219- 222.)

Samalla tavalla kuin tutkijat opettelevat tekemään havaintoja, samalla tavalla havaintojen tekemistä tulee opettaa koululaisille (Hodson 1986, 18-20). Miten opettaa tekemään havaintoja? Hodson (1986) ehdottaa koulujen opetussuunnitelmiin seuraavia olettamuksia: 1) tiede ei ole arvovapaata, 2) havaintojen tekeminen ja myös keksiminen ovat teoriasidonnaisia, 3) havaintojen tekemistä tulee harjoitella (Hodson 1986, 17-30). Oppilaiden tulisi ymmärtää, että havaintoja käytetään testaamaan uusia hypoteeseja ja kehittämään vanhoja, jotta voitaisiin kehittää tieteellistä ymmärrystä (Smith & Reiser 2005, 316 -317).

Asiantuntijoilla on teoriatausta, joka mahdollistaa, että he osaavat erottaa oleelliset asiat epäolennaisista. Smith ja Reiser (2005) ovat tutkineet biologian opetuksessa kuinka oppilaita opetetaan tekemään havaintoja. Heidän mukaansa oppilaita tulee auttaa näkemään olennaiset piirteet ilmiössä ja ohjata heitä vertaamaan muihin havaintoihin, jotta he voisivat ymmärtää olioiden eroja ja samankaltaisuuksia. (Smith & Reiser 2005, 318- 320.) Jotta havainnointi olisi enemmän kuin vain ilmiön katsomista, oppilaille tulee antaa strukturoituja tehtäviä, joissa haetaan aineiston analyysiä ja ilmiöiden syitä (Smith & Reiser 2005, 322). Opettajat voivat opettaa havaintojen tekoa näyttämällä esimerkkejä, pyytämällä tarkastelemaan yhtäläisyyksiä, etsimään merkityksiä ja tekemällä kysymyksiä (Smith & Reiser 2005, 346-347). Kuitenkaan oppilaiden havainnointia ei tule ohjata liian tarkkaan, koska silloin he vain seuraavat ohjeita eivätkä käytä omia luovia taitojaan (Smith & Reiser 2005, 321).

Fysiikan tutkimuksissa oppilasta voidaan ohjata tekemään havaintoja ilmiön kannalta oleellisista seikoista. Tätä ohjausta oppilaat ovat pyytäneet kysymällä: ”Mitä tässä pitäisi näkyä”. Opettaja voi opastaa: katso, huomaa, kiinnitä huomiota (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 265). Esimerkiksi valonsäteen kulun havainnoinnissa oppilasta voidaan ohjata kysymyksillä. ”Missä tilanteessa valonsäde etenee suoraan lasin läpi. Miten tilanne muuttuu, kun valo taittuu” Joissakin työkirjoissa tällaista havainnoinnin ohjausta on jo. (vrt. Kärnä ym. 1998b.)

Yhteenveto:

Havaintojen tekemisen opettaminen on hyödyllistä yläkoulussa, koska se liittyy oppilaan itsetuntemukseen, oppimisprosessiin ja tieteen tekemisen prosessiin. Havaintojemme perusteella toimimme ja muodostamme maailmankuvamme. Esimerkiksi ihmisen havainnointiprosessi ja tarkkaavaisuuden suuntautuminen on nostettu oppimisen kannalta tärkeämmiksi kuin muistaminen. (Mönkkönen & Enkenberg 1996, 18). Empiristinen oppimisteoria perustui ajatukseen, että mieli koostuu yksiköistä, mielteistä, jota ovat peräisin havainnoista ja jotka eri tavoin assosioituessaan luovat ihmisen kokemusmaailman (Raustevon Wright ym. 2003, 91). Itsehavainnoinnin opettelu ja oman toiminnan tarkastelu koulussa liittyy oppimisprosessiin.

Fysiikan valinnaiskurssin ennakko-oletukset (vrt. kappale 7.1.1) muun muassa havaintojen tulkinnallisuudesta ovat perusteltavissa monelta kannalta: näkemisprosessin, kielen, teorian, ennakkoasenteiden ja tiedon kannalta. Lisäksi havainnot ovat tärkeä oppimisen kannalta. Fysiikan valinnaiskurssin oppilaat kokivat havainnoinnin tarkastelun hyödyllisenä:

- Olen pystynyt havainnoimaan itseäni, ympäristöä ja itseäni ympäristössä. (I31)
- Toisaalta täällä on myös yksinkertaisista asioista juttelua, sellaisista asioista joita ei välttämättä huomaa arkisin. (F31)

7.2 Mitä tiede ja tieto on

Tutkimukseni mukaan (kappale 6.1.2) fysiikan opetussuunnitelmassa mainittujen tavoitteiden, nykyaikaisen maailmankuvan rakentumisen ja fysiikan luonteen ymmärtämisen toteutumistavat löytyvät fysiikan sisällöistä. Shulmanin (1986) mukaan aineen sisältötieto sisältää tiedon aineen luonteesta, tiedon lähteistä ja myös arvoista (Shulman 1986, 6-14). Nykyaikaisen maailmankuvan muodostumiseen tarvitaan tietoa tieteen kehittymisestä ja modernin fysiikan saavutuksista (Meisalo ym. 2000, 36). Uusia näkökulmia fysiikan opetukseen saadaan, kun tarkastellaan tietoteoriaa (Sormunen 2004, 363-368), opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämistä (Rebello ym. 2005, 220) ja opetuksen sisältöjä (Henderson 2005, 785). Ajattelu kehittyy mielekkäässä dialogisessa keskustelussa (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231). Tieteen menetelmät, kuten päättelytaidot, kehittävät itsetuntemusta (Keltikangas-Järvinen 2001, 179-240). Fysiikan luonteeseen ja fysikaalisen tiedon saavuttamiseen liittyy monia näkökulmia (Nivalainen & Hirvonen 2003, 134-135) ja kun käsitellään kulttuuriympäristön aitoja ongelmia (Kiviahde 2005, 101-105), se tukee käsitteen siirtoa uuteen tilanteeseen (Rebello ym. 2005, 240-241).

Aikaisemmin olen tarkastellut fysiikan luonnetta (kappale 2.6.2), käsitteitä ja tietoa (kappale 3.1.2) ja tiedon siirtoa (kappale 3.1.3), joiden analyysistä edellä olevat päätelmät on tehty. Tässä luvussa tarkastelen ensiksi fysiikan valinnaiskurssin lähestymistapoja tieteeseen ja tietoon kurssilla käsiteltyjen tehtävien kautta (kappale 7.2.1). Sitten käsittelen näitä kysymyksiä teorian kannalta siinä muodossa, kuin käsitelimme asioita oppilaiden kanssa. Lähdän liikkeelle tieteen kehityksestä ja määritelmistä (kappale 7.2.2). Tuon esille tiedon hankinnan prosessin vaiheisiin kuten havaintojen tekemiseen ja päättelyyn liittyviä erilaisia näkökulmia. Seuraavaksi tarkastelen kysymystä klassisen fysiikan ”mekaanisuudesta” paradigmojen kautta (kappale 7.2.3). Lopuksi tarkastelen näkökulmia siitä, miten ”tietokäsityksiä” voi käsitellä fysiikan tunneilla (kappale 7.2.4). Kehittyvää fysiikkaa käsittelen luvussa 7.3.

7.2.1 Fysiikan valinnaiskurssin lähtökohdat

Fysiikan valinnaiskurssilla tieteeseen ja tietoon liittyviä kysymyksiä käsiteltiin kuuden oppitunnin ajan seuraavien aiheiden yhteydessä: tieteellinen totuus, olemassaolo ja sanojen merkitykset ja historiallinen tutkimus. Lisäksi tiedonhankintaprosessia käsiteltiin myös myöhemmin muun muassa luonnonlakien yhteydessä. Fysiikan valinnaiskurssilla tieteeseen ja tietoon liittyvät aiheet olivat hyvin keskeisiä.

Lähtökohtiani tähän aiheeseen oli useita. Koulufysiikan teoriat kuuluvat klassiseen fysiikkaan ja ovat malleja todellisuudesta, eivät itse todellisuus. Kun oppilaat ovat tietoisia siitä, miten tiede syntyy, he ymmärtävät tieteen kehittymisen ja sen, että tiede ei ole vain faktaa. Tämä auttaa oppilaita muodostamaan reaalisemman ja ehjemmän kuvan maailmasta. Tieto voi olla muutakin kuin turvallista ja oikeaa tai se voi olla vielä kehitteillä. Myös koulussa voidaan esittää todellisuudesta useita näkökulmia, jolloin oppilailla on aineksia muodostaa oma maailmankuvansa. Ellemme anna koulussa oikeaa kuvaa tiedosta, oppilaiden maailmankuva jää hajanaiseksi ja hän pitäytyy arkitodellisuudessa. Uutta tietoa ei omaksuta kuin aktiivisen prosessin kautta. Kouluopetus on tunnukseton, mutta sen ei tarvitse ja tule olla neutraalia. Opettaja voi olla neutraali, tutkijan roolissa, esittäessään eri näkökulmia, mutta hän voi ilmaista ajatuksensa ja tunteensa koulun arvojen puolesta.

Fysiikan valinnaiskurssilla käsiteltiin ensiksi tieteellisen totuuden vaatimukset veistostehtävän ja ”purkkiongelman” (LIITE 8) kautta. Tarkastelimme lumesta tehtyä, sanomalehdellä päällystettyä veistosta, jota tarkkailtiin ja esitettiin mitä-, miten- ja miksi- kysymyksiä. Kun oppilas tietää tieteen tekemisen kriteerit, hänellä on aineksia arvioida lähdeaineiston totuudellisuutta ja luotettavuutta. Voidaan pohtia kysymystä: *Miksi astronomia on tiedettä mutta astrologia ei ole?* Oppilaalle annetaan välineet kriittiseen ajatteluun ja perusteltuun omaan mielipiteeseen. Kriittinen ajattelu tuo oppilaalle myös keinoja tunnistaa arkielämässään mainonnan ja muodin vaikuttamisen pyrkimykset ihmisten käyttäytymiseen.

Opettelimme tieteellisiä päättelymenetelmiä: induktiivista ja deduktiivista päätelmää. Opittiin, ettei induktiivinen päätelmän totuus ole ehdoton. Loogista päättelyä voi harjoittaa monenlaisten tehtävien avulla. Tutkimme pallon pompun ja nopan heiton säännönmukaisuutta. Syy ja seuraussuhteita harjoiteltiin jatkamalla arkielämän lauseita: ”*Huomenna sataa, koska... Saat sakot, koska...*”. Tarkastelimme sanomalehtiartikkelin väitteiden pätevyyttä ja mietimme, mitä perusteluja on Maan ulkopuoliselle elämälle. Luokiteltiin ilmiöitä ennustettaviin ja ei – ennustettaviin, esimerkiksi *junan kulkua, ukkosen etenemistä*. Tarkasteltiin väitteiden totuudellisuutta ja taustaoletuksia väitteiden takana: *kylmäfuusiosta tehty tutkimus ei ole totta, koska sitä ei ole pystytty toistamaan*.

Olemassaolon kysymykset liittyvät tiedon luonteeseen: *Miten perustellaan atomien olemassaolo? Taittuuko oksa metsässä, vaikkei kukaan näe?* Samantapaisia kysymyksiä pohti Einstein kirjeessään Bohril: ”Onko Kuu olemassa vain, koska havaitsen sen?” Keskustelua voidaan jatkaa ihmisen ja vaikka Jumalan olemassaoloon ja ihmisen tietoisuuteen. Tutkimusten mukaan mystiset asiat kiinnostavat oppilaita (Lavonen ym. 2005d, 221-224; 2005e, 16-20). Tarkasteltiin myös kysymyksiä: *Mitä filosofisia kysymyksiä fysiikka pohtii? Miten fysiikan lait ovat kehittyneet?* Valon käsittelyn yhteydessä puhuimme dualistisuudesta yleensä.

7.2.2 Tieteen tunnusmerkkejä

Tässä kappaleessa tarkastelen tiedettä siitä näkökulmasta, joka oli fysiikan valinnaiskurssilla. Tämän tiedon avulla oppilaat pohtivat edellisessä kappaleessa esitettyjä kysymyksiä.

Käsittelimme fysiikan valinnaiskurssilla esimerkiksi tieteen kehitystä siitä, miten käsityksemme tiedosta on muuttunut ja mitä vaikutuksia sillä on ihmisten elämään. Käsittelimme kysymyksiä, mitä tiede on ja miten tieteellistä tietoa saadaan. Seuraavassa on kaksi videonauhalla purettua keskustelua.

(O = opettaja, Op = tunnistamaton oppilas, E = oppilas)

O: Kuka päättää onko asia tiedettä vai ei. Saadaanko me päättää?

Op: joo

O: Saadaanko oikeesti?

Op: ei

O: ei ihmeessä.

E: Voisin mennä hakkaa päätä seinään ja sanoo, että se on tiedettä.

O: Se ei auta yhtään eikä minunkaan sana. Se on tiedeyhteisö, joka päättää.

Se on yleisesti hyväksyttävä.

O: Mistäs sanotte tästä (väite: Kylmäfuusiosta tehty tutkimus ei ole totta, koska sitä ei ole pystytty todistamaan?)

Op: Onhan se totta, kun se kerran tehty.

Op: Se ei totta, jos sitä ei oo pystytty toistamaan.

O: Joo, mutta se on yksityisenä tapahtumana totta, mutta tässä sanotaan ei ole totta, mutta se ei ole tiedettä vielä, eiks niin.

Op: mutta se voi olla totta, mutta ei vielä, mutta siitä voi tulla joskus, se ei ole mahoton.

O: joo, mie luulen, että te ymmärrätte aika paljon näitä juttuja.

Tieteen kehitys

Fysiikka ja luonnonfilosofia ovat vaikuttaneet voimakkaasti maailmankuvan muutokseen. Antiikin hellenis-roomalaisen kulttuurin aikana luonnonfilosofisen maailmankuvan pääosassa oli ajatteleva ihminen, joka ajattelun ja logiikan avulla saattoi käsittää luonnonilmiöiden merkityksiä ja keskinäisiä suhteita. Keski-ajalla Euroopassa maailmankuva yhdistettiin kirkon viralliseen oppiin. Uudella ajalla kokeellinen metodi synnytti tieteellisen vallankumouksen. Isaac Newton yhdisti mekaniikan teoriassaan arkiset maanpäälliset ilmiöt ja taivaalliset (planeettaliike) ilmiöt. Jatkossa tästä syntyi mekanistinen maailmankuva, jossa vallitsi tiukka syyn ja seurauksen periaate: ”maailma on kuin kellolaite”. Modernilla ajalla kvanttiteoria pakotti hyväksymään uudenlaisen todellisuuden tulkinnan, jossa mikro- ja makrokosmoksessa vallitsevat tiettyjen todennäköisyyksien mukaiset satunnaisprosessit. ”Luonnonfilosofiaan guru ”Ed Witten” hahmottelee suurta yhtenäisyysteoriaa. (Saarikko 1998, 98-100.) Tieteen kehitys on alkanut ajattelevasta ihmisestä ja edennyt kokeita tekevän ihmisen kautta teorian ja empirian synteisiin.

Tieteen kehitys johtaa myös yhteiskunnan kehitykseen. Modernilla ajalla valtiot ja yritykset ryhtyivät avokätisesti rahoittamaan tieteellistä tutkimusta, josta merkittävä osa liittyi sotilaallisiin projekteihin. Miltei kaikki maailman koulujärjestelmät sisällyttivät tieteelliset menettelytavat ja näkemykset niihin asioihin, joita lapsille tuli opettaa. ”Tiede tuntui tarjoavan uskottavia vastauksia joihinkin kosmisiin kysymyksiin, joskaan se ei liiemmin auttanut moraalisissa kysymyksissä. Tieteen arvostus kasvoi entisestään, kun se nivelti lähemmin teknologisiin innovaatioihin ja lääketieteellisiin läpimurtoihin.” (McNeill & McNeill 2006, 408.) Tieteen ja teknologian kehitys liittyvät erottamattomana osana toisiinsa.

Eri tieteet ovat syntyneet filosofiasta. Filosofia katsotaan syntyneen antiikin Kreikassa. Filosofit pyrkivät etsimään totuutta ihmisenä olosta pohtimalla ihmistä ja ympäristöä. Aluksi filosofia sisälsi kaikki tieteen alat esimerkiksi luonnontieteen ja astronomian, jotka myöhemmin eriytyivät omaksi tieteenalaksi. Filosofiaa voidaan pitää tieteiden kattona. Tieteenfilosofia, kuten fysiikan filosofia, käsittelee oman tiedealan luonnetta ja paradigmoja. Tiedemiehet, niin filosofit kuin fyysikot, ovat kehittäneet määritelmiä tieteestä.

Tiede on luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa koskevien tietojen systemaattinen kokonaisuus ja näiden tietojen tarkoituksellista ja järjestelmällistä tavoittelua. Tieteen päämääränä on saavuttaa kohteesta uutta informaatiota. Siihen kuuluu objektiivisuus, kriittisyys, edistysvyys ja itsenäisyys (autonomisuus). (Niiniluoto 1984, 13, 21-29.) Havaintojen tekeminen on empiirisen tieteen tapa saada tietoa. Koska havainnot eivät ole objektiivisia, tutkijoiden on testattava havaintojensa paikkansapitävyys tiedeyhteisössä (Hodson 1986, 23). Objektiivisuus saavutetaan sillä, että toinen tutkija tai tiedeyhteisö pystyy toistamaan kokeen ja päättämään samaan tulokseen. Toisaalta kvalitatiivinen tutkimus pidättäytyy siinä, että tutkimustulokset ovat päteviä siinä kontekstissa jossa ne on tutkittu. Tutkijan on myös oltava tietoinen omasta subjektiivisuudestaan ollakseen objektiivinen. Tiede on itseään korjaavaa siinä mielessä, että kaikki tieteissä esitetyt oletukset ja väitteet voivat periaatteessa tulla hylätyiksi julkisesti esitetyn todistusaineiston perusteella. Tässä mielessä tiede on kriittisempi kuin mikään muu tiedon tavoittelun menetelmä. Se oletus, että tieteen kaikki tulokset olisivat tarkkaan ottaen tosia, on tieteen historian valossa harhaluulo. Luonnontiede on kokeellinen tiede, jonka teoriat perustuvat tutkimustuloksiin ja mittaamiseen. Niiden muuttuessa teoriaa muutetaan, joten

tiede on edistyvää. Tieteen autonomisuus tarkoittaa, että loppujen lopuksi tiedeyhteisö päättää teorian hyväksymisestä ja sen kehityksestä. (Niiniluoto 1984, 13, 21-29.)

Tieteellistä tietoa saadaan eri tavoin riippuen tieteenalasta, mutta lähtökohtana on yleensä ongelma. Tiede on ongelmien ratkaisemisen prosessi, pelkkä havainto ei riitä teorianmuodostukseen (Popper 1995, 46-47). Havaintoja on mahdotonta arvioida, ellei ole jo olemassa ne selittävä viitekehys. Tiede ei synny havaintoihin perustuvasta ennusteista vaan selitysten löytämisestä. (Deutsch 1997, 73.) Ongelmien ratkaiseminen alkaa riittämättömällä teorialla, mutta ei aikaisemmista havainnoista saadulla teorialla (Deutsch 1997, 65). Tähtitieteessä lähtökohtana saattavat olla yllättävät havainnot. Mutta odottamaton havainto ei milloinkaan käynnistä tieteellistä keksimistä, elleivät olemassa olevat teorit jo sisällä ongelman ituja. (Deutsch 1997, 66.) Ongelma ratkaistaan etsimällä uusi tai korjattu teoria, joka poistaa aiempien teorioiden puutteet, mutta säilyttää niiden ansiot. Tieteen tavoitteena ei ole löytää teoriaa, joka saattaa osoittautua lopulliseksi totuudeksi. Sen tavoitteena on löytää tällä hetkellä paras tarjolla oleva teoria. (Deutsch 1997, 67). Viime kädessä kuitenkin ongelmat ja selitykset ovat ihmisen erehtyväisessä mielessä (Deutsch 1997, 74). Popperin (1995) mukaan tieteen menetelmä on myös työskennellä arvausten kanssa ja tehdä rohkeita johtopäätöksiä, joskus jopa havainnoista (Popper 1995, 53).

Teorianmuodostukseen tarvitaan kognitiivisia taitoja, tiedon järjestelmällistä käsittelyä. Sekään ei aina riitä. Monesti hyvät ideat syntyvät äkkiarvaamatta kuin tyhjästä. Tiedemiehet käyttävät intuitiota kehittäessään teorioita. Intuitio ei ole aistitietoa eikä pelkästään pohjaudu aikaisemman tiedon käsittelyyn (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 149-150). Intuitio on osa monimutkaista prosessia, jossa yksilö on vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Intuitio käsitteestä on monia merkityksiä. Sitä voidaan pitää sanattomana yliaistillisena tilana, joka on ihmisten käsitteiden ulottumattomissa (Niiniluoto 2002, 150-151). Platonin mukaan tiedon kohteena on yliaistillinen (aistihavainnolla saavuttamattomissa oleva) ja ikuisesti muuttumaton ideoiden maailma (Niiniluoto 2002, 39). Tai intuitiota voidaan pitää arkitiedon lähteenä, osana henkilön hiljaista tietoa. Apriorinen menetelmä perustuu ihmisen oletettuun kykyyn saada tietoa pelkästään järjen, oivalluksen, tai ”älyllisen intuition” avulla. Ihmisillä voi olla erilainen intuitio asioista. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 26-27.)

Tärkeä osa arkitiedostamme on erilaisten kokemusten myötä syntyneiden taitojen, intuitioiden ja tottumusten muodossa. Tätä tietoa ei voida tyhjentävästi esittää väitelauseiden muodossa. Hiljainen tieto on luonteeltaan käytännön kautta opittava ja kehittyvä taito, jota käytetään tieteellisen tiedon luonnin prosessissa. Kun tutkittiin laseria rakentavan tutkijaryhmän toimintaa, jossa oli paljon epäonnistumisia, huomattiin, että taitojen muodossa olevan tiedon välittyminen on epävarmaa. Hiljaista tietoa on vaikea siirtää, koska sillä ei ole ulkoista tunnusmerkkiä, joka osoittaa tiedon siirtymisen vaan onnistunut toiminta merkitsee hiljaisen tiedon toimivuutta. (Kiikeri & Ylikoski 2004, 43-44.)

Teorian ennustama virheellinen ennuste aiheuttaa automaattisesti teorian hylkäämisen, mutta oikea ennuste ei sano mitään sen taustalla olevasta teoriasta (Deutsch 1997, 68). Kaikista asiaa koskevista vähemmän testattavista teorioista luovutaan, sillä niiden antamat selitykset ovat huonompia. Suositaan teorioita, jotka antavat aikaisempaa yksityiskohtaisempia selityksiä. (Deutsch 1997, 69.) Modernin fysiikan teorit, kuten kvanttifysiikka, selittävät tarkasti mikromaailman ilmiöitä, mutta klassisen fysiikan teorit riittävät makroilmiöiden selittämiseen. Teorioilla on pätevyysalue ja siten myös rajat, mikä on keskustelun alainen tieteenfilosofinen kysymys. Tiede ei pysty selittämään kaikkea ihmiseen, luontoon, kulttuuriin ja yhteiskuntaan kuuluvia kysymyksiä.

7.2.3 Huomioita fysiikan tiedon luonteesta

Aikaisemmin (kappale 2.6.2) olen tarkastellut fysiikan luonnetta opetussuunnitelman kannalta ja piirtänyt sen keskeisistä piirteistä käsittekartan (kappale 6.1.4, Kuvio 4). Tämän tarkastelun keskeinen ajatus on, että fysiikka kehittyy, on ajankohtaista ja selittää ympäröivää maailmaa. Tässä kappaleessa tarkastelen fysiikkaa tieteenfilosofiselta kannalta, mikä antaa näkökulmia fysiikan opetuksen objektiivisuudesta.

Paradigmalla tarkoitetaan tutkijayhteisön omaksumia periaatteita, uskomuksia, arvostuksia ja periaatteita (Niiniluoto 2002, 247-248). Kuhnin (1994) mukaan kunkin ajan normaalitiede tarkoittaa yhteen tai useampaan aikaisempaan tieteelliseen saavutukseen perustuvaa tutkimusta, jonka saavutusten tietty tiedeyhteisö katsoo olevan toimintansa jatkumisen perusta (Kuhn 1994, 23) ja paradigma muuttuu toiseksi kriisin kautta (Kuhn 1994, 78). 1900-luvun alussa katsotaan tapahtuneen tällainen paradigman muutos kvanttiteorian myötä. Tosin kvanttiteorian tulkinnoista käydään vieläkin keskustelua; tiedeyhteisön tämänhetkinen paradigma ei ole yksiselitteinen.

Tieteelliset paradigmat ovat vaihtuneet. Antiikin kreikkalaiset tulkitsivat yleensä fysiikan teoriallismin mukaisesti ja tähtitieteen teoriallismin instrumentalismin mukaisesti.

Instrumentalismin mukainen näkemys on, että tieteellisen teorian syvin tavoite on ennustaa, ei selittää kokeiden tuloksia (Niiniluoto 2002, 72-73). Eräät varhaisrenessanssin ajattelijat vaativat instrumentalismin ulottamista myös fysiikkaan. Uuden ajan luonnontieteen synty (Kopernikus, Kepler, Galilei) merkitsi taas realismin voittokulkua (Niiniluoto 2002, 229).

Realismin mukaan todellisuus on olemassa ihmisen ulkopuolella hänen tajunnastaan riippumatta ja myös käsitteet ovat aidosti olemassa olevia olioita (Saarinen 1995, 417). Tämän mukaan tosien tieteellisten teorioiden oletamat tekijät, kuten elektronit, voimakentät ja kvarkit ovat olemassa riippuen näkökulmasta, josta niitä tarkastellaan. Realismi korostaa ajattelusta riippumattomia tosiasioita, pitää yleiskäsitteitä olemassa olevana. (Niiniluoto 2002, 229-284.) On kysymys tieteenfilosofisesta kysymyksestä: Voidaanko saavuttaa luotettavaa tietoa oloista, joita ei voida ainakaan välittömästi havaita? (Niiniluoto 2002, 229.) Vastaus tähän epistemeeseen kysymykseen voi olla erilainen ja ei yksiselitteinen.

Perinteisesti luonnontieteen tutkimuksessa nojaututaan realistiseen oletukseen, että todellisuus on olemassa ihmisen ulkopuolella hänen tajunnastaan riippumatta. Instrumentalismilla ja positivismilla on vieläkin vaikutusta, koska ennustaminen on tieteellisen menetelmän osa (Deutsch 1997, 16).

Opetusta ja oppimista koskeva tieto pohjautuu aina hieman pragmatismiin. Pragmatismi on filosofinen suuntaus, joka painottaa käytäntöä ja toimintaa tiedon, arvojen ja merkityksen perustana (Saarinen 1995, 417). Toiminta on ensisijaista ajatteluun nähden, ja teorian totuuden ratkaisee sen käytännöllinen vaikutus (Puolimatka 2002, 468). Pragmatikot pitävät ihmistä aktiivisena ja uteliaana toimijana ja oppimista perusluonteeltaan ongelmanratkaisuna. Kokeellinen fysiikka on taas enemmän empirismää. Empirismin mukaan tiedon lähde on kokemus ja tietoa saavutetaan tiedon kohteeseen suuntautuvan aistihavainnon avulla (Niiniluoto 2002, 140). Todellisuus on riippumaton ihmismielestä. Todellisuuden oliot ja esineet ovat olemassa riippumatta siitä, havaitseeko niitä kukaan. (Puolimatka 2002, 15.) Empiristin mielestä Kuu on olemassa, vaikka kukaan ei näe sitä.

Kun fysiikan pragmaattisia, käytäntöön suuntautuneita teorioita tarkastelee, niiden takana löytyvät filosofiset suuntaukset, kuten instrumentalismi ja positivismi sekä relativismi, jonka

mukaan malli on sopiva, jos se selittää tosiasioita. (Kallio-Tamminen 2004, 7-8.) Kallio-Tammisen (2004) mukaan nämä asenteet ovat todellisuutta kohtaan kontrolloivia eivätkä tuota kuin halutunlaisia vastauksia (Kallio-Tamminen 2004, 17). Fyysikot eivät ole päässeet yksimielisyyteen kvanttiteorian merkityksestä. Keskusteluja käydään pragmaattisen kannan ja realismin välillä. Realismi hyväksyy klassisen fysiikan oletukset objektiivisesta havaintijasta. Pragmatistien mukaan kuva tämän hetkisestä todellisuudesta syntyy ihmisen toiminnan kautta. (Kallio-Tamminen 2004, 300-301.)

Kurki-Suoniot (1998) määrittelevät joitakin fysiikan keskeisiä metodisia paradigmoja. Näitä ovat 1) reduktionismi eli selittäminen peruslakien ja rakenneosien avulla 2) kvantitatiivisuuden vaatimus eli tiedon perustaminen mittaamiseen ja matemaattiseen kaavaan 3) kausaalisuus eli lainalaisuuden idea, 4) luonnonlakien universaalisuus 4) luonnonlakien riippumattomuus havaintijasta ja 5) luonnonlakien ja niitä koskevan käsitteenmuodostuksen arvovapaus. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 117-118.)

Reduktionismin mukaan tieteen uskotaan selittävän asioita reduktiivisesti eli analysoimalla niiden osia. Esimerkiksi jos kehiteltäisiin ”kaiken teoria”, joka yhdistää fysiikan osa-alueet (ydinvoimat, sähkömagnetismi, painovoima ja alkuräjähdyksen alkutila) ja selittää ne samojen alkeishiukkasten avulla, päädyttäisiin teoriaan, joka ehkä ennustaa kaiken olemassa olevia teorioita paremmin. Sen ei kuitenkaan odoteta selittävän paljoa enemmän kuin ehkä ilmiöitä, joissa on alkeishiukkasten vuorovaikutuksia. (Deutsch 1997, 26-27.) Reduktionistisen näkökulman mukaan ihmisen mieli säilöo informaation, jonka se saa kehon aisteista, ja rakentaa näistä paloista yleistyksiä. Poikkeamia tästä objektiivisesta todellisuudesta pidetään kyvyttömyytenä tai hedelmättömänä. Käsitteen muodostusprosessissa ihmisen mieli ei ole todellisuuden rakentaja vaan tiedosto, johon ongelmaton objektiivinen tieto voidaan säilöä. (Kincheloe 2003, 4-5.)

Luonnontieteellisen tiedon analysointiin käytetään induktiota. Induktiomenetelmällä huolella valmistelluista ja tehdyistä havainnoista tehdään johtopäätöksiä, jotka luovat uuden teorian. Induktivismi perustuu arkijärjen mukaiseen tiedon kasvun teoriaan, jonka mukaan opimme kokemuksestamme. Popperin ja Deutschin mukaan induktivismi ei selitä tieteellistä päättelyketjua. (Deutsch 1997, 65; Popper 1995, 53.) Deutsch kysyy, miten oikeutamme epätäydellisesti vastaanottamamme informaation tulkinnan olevan loogista päättelyä? Mikä tahansa tai kaikki havaintomme voivat olla illuusiota tai unia. (Deutsch 1997, 61.)

Tieteellisen tiedon induktivistisessä teoriassa havainnoilla on kaksi tehtävää. Ne vaikuttavat teorioiden keksimiseen ja niiden oikeuttamiseen, ja lisähavainnot oikeuttavat teorian. (Deutsch 1997, 62-63.) Deutschin (1997) mukaan toistuvat havainnot eivät voi oikeuttaa teorioita. Hän antaa esimerkin, jossa tarkastellaan kanoja ruokkivan isännän toimia kanojen näkökulmasta. Toistuva ruokinta näyttää ennustavan niille jatkuvuutta. Deutsch (1997) päätelee, että samat havaintotulokset voidaan ekstrapoloida kahdeksi vastakkaiseksi ennusteeksi. (Deutsch 1997, 64.)

Tiedon objektiivisuus on tieteenfilosofian ydinkysymys, johon löytyy useita vastauksia (Haapasalo 1998, 47). Positivistinen suuntaus korostaa tieteen objektiivisuutta ja rationaalisuutta, jolloin tutkija ei saisi olla liian läheisessä kosketuksessa tutkimuskohteeseensa. Tieto ei siis ole luonteeltaan tulkinnallista, vaan ainoastaan objektiiviset tosiasiat ovat tiedettä. Puhtaimmillaan positivistinen ajattelu ymmärtää tieteen niin, että todellisuus on arvovapaa ja se muodostuu pelkistä tosiasioista, faktoista. (Deutsch 1997, 16.) Positivismin mukaan tieteen tehtävä rajoittuu havaittavien ilmiöiden ja niiden

välisten säännönmukaisten yhteyksien kuvailuun (Niiniluoto 2002, 45). Positivistit näkevät, että kaikkiin käytännön ongelmiin on tekninen ratkaisu. Tämä on luonut illuusion objektiivisesta todellisuudesta, jota yksilö ei voi hallita ja siten kieltää yksilön kyvyn arvioida omaan tilannetta ja muuttaa sitä oman toiminnan kautta (Carr & Kemmis 1997, 130). Positivismiin kohdistuvat epäilyt (objektiivisuuden ihanne) merkitsevät siirtymää konstruktivismiin, jonka mukaan tieto ei ole absoluuttista (Heikkinen ym. 2005, 356).

Sosiaalinen konstruktivismi korostaa tiedon syntyä sosiaalisissa tilanteissa ja lähestyy kriittistä teoriaa, jonka mukaan todellisuus rakentuu ajan kuluessa sosiaalisesti, poliittisesti, kulttuurisesti, etnisesti ja sukupuolittuneesti. Siinä on myös osallistuvan paradigman aineksia, jonka mukaan subjektiivis-objektiivinen todellisuus tulee luoduksi mielen ja ympäröivän kosmoksen vuorovaikutuksessa. (Heikkinen ym. 2005, 346.) Nykyisen tietoteorian ammattilaisten parissa konstruktivismi ei ole valtasuuntaus (Heikkinen ym. 2005, 357). Tutkimuksissa on siirrytty moniparadigmaattiseen tilanteeseen, ja samalla tiedekäsitys on muuttunut. Perinteinen tiede oli autonominen, pysyvä ja kasvava tietovarasto. Nykyään merkitykset rakentuvat jatkuvassa vuorovaikutuksessa: puhutaan ”suhdekimppaparadigmasta”. (Heikkinen ym. 2005, 351.)

Fysiikan tiedon paradigmat eivät ole helposti nähtävistä. Koulutietoa on vaikea sijoittaa mihinkään tieteenfilosofiseen kategoriaan, koska siltä puuttuvat lähes kokonaan filosofiset perusjuuret (Haapasalo 1998, 63). Koulutiedon päämäärät ovat erilaisia kuin tieteellisen tiedon, vaikka niiden päämääriä on hyvä opettaa. Yksi ratkaisu on tarkastella tietoa Popperin kolmessa eri maailmassa. Ensimmäinen maailma on fyysinen, toinen mentaalinen koskien ihmisen mieltä ja kolmas on abstrakti käsitteiden maailma. (Popper & Eccles 1977, 36-37.) Ne edustavat ontologista realismia ja episteemistä konstruktivismia. Tällöin uskotaan, että on olemassa havainnoista riippumaton todellisuus ja ihmiset konstruoivat tämän todellisuuden ja muodostavat teorioita. (Heikkinen ym. 2005, 344.) Popperin kolmea vuorovaikuttavaa maailmaa voidaan pitää myös sosiaalisena konstruktivismina (Heikkinen ym. 2005, 344). Tiedon rakentelu ja tutkiva oppiminen soveltavat tätä mallia (Heikkinen ym. 2005, 344).

Opetus ja fysiikka ovat eri todellisuuksia, joiden tulee kohdata koulussa ja tutkimuksessa. Esiintyy näkemyksiä, että fysiikkaa tulisi opettaa mahdollisimman vapaana metafyyysisistä sitoumuksista, koska opettajien, oppimateriaalin ja oppilaiden metafyyysiset sitoumukset eroavat toisistaan (Chinn & Malhotra 2001). Mutta tutkimustulosten mukaan koulussa tarvitaan käsitellä oppilaiden tietoteoreettisia käsityksiä (Chinn & Malhotra 2001; Sormunen 2004). Jokaisella fyysikolla on oma käyttöfilosofiansa, joka ohjaa hänen toimintaansa. Ja fysiikan opettaja esittää fysiikka-tieteen luonteen oppilaille. Konstruktivismin ja monien nykytutkijoiden (vrt. Hodson 1986) mukaan tiede ei ole arvovapaata. Koulussa tieteen luonne määräytyy opetussuunnitelmassa, jossa on konstruktivismin piirteitä. Fysiikan opettaja on sitoutunut koulun opetussuunnitelmassa mainittuihin arvoihin. Fysiikan kouluopetus ei voi olla arvovapaata, ja siihen liittyy myös ontologisia kysymyksiä, jotka ovat muovaamassa oppilaan maailmankuvaa. Konstruktivismin mukaan tieto on kehittyvää eikä absoluuttista todellisuutta ole (Meisalo ym. 2000, 36). Konstruktivistisen paradigman mukainen ontologinen relativismi tarkoittaa kantaa, jonka mukaan todellisuuden rakenne riippuu näkökulmasta tai viitekehuksesta (Saarinen 1995, 417).

Hahmottavassa lähestymistavassa kokeellisuus ja teoreettisuus yhdistyvät. Fysiikan opetus rinnastetaan tieteellisen tiedon saannin menetelmään eikä seperustu yksinomaan induktiiviseen menetelmään vaan siihen liittyy myös deduktio. (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 148-150.) Hahmottavan lähestymistavan filosofiset juuret ovat Platonin ja

Aristoteleen opeissa sekä Kantin käsityksissä luonnonilmiöistä ja tiedosta. (Vänni 2003, 47.) Tapana on puhua aristotelisestä ja galileilaisesta traditiosta. Hahmottavan tavan perusfilosofia sisältää realismia ja idealismia siinä, että tieto rakentuu tietoisuuden ja todellisuuden vuorovaikutuksessa ja että opetuksen tulee seurata oppilaan edellytyksiä ymmärtää, että on olemassa tietoisuudesta riippumaton ulkomaailma, joka voi olla aineellinen tai henkinen. (Vänni 2003, 85.) Tämä vastaa monen nykyfysiikan käsitystä todellisuudesta. Gresserin (2006) mukaan on olemassa todellinen ulkomaailma, josta jokainen yksilö luo oman sisäisen tulkintansa, ja tulkinta perustuu havaintoon (Gresser 2006, 16).

Tieteellistä tietoa pidetään tietona, jota saadaan tutkimalla ympäristöä. Hirsjärven ym. (2005) mukaan inhimillisen toiminnan rinnastaminen luonnon toimintaan on mahdotonta, koska inhimillisessä toiminnassa on mukana subjektiivinen momentti. Subjektin omat aikomukset ja päämäärät aiheuttavat inhimillisen toiminnan. Sattumaa ovat asiantilat, jotka toteutuvat ilman ihmisen tietoista tahtoa. Tieto on niin sanottua tarkoitustietoa ja tieto on tietoa muuttumisen suunnasta ja menetelmistä. Tiedon lopullinen kriteeri on lähtökohdaksi asetettu aikomus eli tarkoitus. (Hirsjärvi ym. 2005, 19-20.)

Klassinen fysiikan opetus perustuu ontologiseen realismiin, jonka mukaan on olemassa havaitsijasta riippumaton ulkoinen todellisuus. Tämä rakentaa mekanistista maailmankuvaa, jossa ilmiöt ovat ennustettavissa lakien avulla. Tämä maailmakuva on ristiriidassa oppilaan käsityksien ja havaintojen kanssa ja oppimisteorian kanssa. Moderni fysiikka toi paradigman muutoksen. Tutkimuksessaan kvanttiteorian filosofiasta Kallio-Tamminen (2004) päätelee, että kvanttiteoria on ontologisen ja episteemisen paradigman muutos. Kvanttiteoria tekee selväksi, ettei todellisuuden selittämiseen enää riitä materialistis-deduktiivinen filosofia. Kvanttiteorian mukaan havaitsija vaikuttaa ulkoiseen todellisuuteen, eikä häntä voi erottaa systeemistä. Ennustettavuus muuttui todennäköisyydeksi ja todellisuus subjektiiviseen suuntaan. (Kallio-Tamminen 2004, 287.)

Fysiikan valinnaiskurssia suunnitellessani etsin fysiikan oppiaineesta, joka antaisi muunlaisen kuin mekaanisen ennustettavissa olevan maailmankuvan. Tarkastelin fysiikan opetusta kokonaisvaltaisesti, ja otin huomioon koulun opetussuunnitelman tavoitteet ja opetuksen tutkimuksen. Tarkastelutapani on lähellä holismia. Holismi on ajattelutapa, joka korostaa kokonaisuuden asemaa sen osiin verrattuna. (Saarinen 1995, 414.) Holismi on reduktionismin vastakohta. Kokonaisvaltaisuudella en kuitenkaan tarkoita holismia, joka pyrkii korkeamman tason teoriaan. Holismin mukaan ainoat kunnolliset selitykset perustuvat korkeamman tason järjestelmiin. Korkean tason tieteiden tarkoitus on auttaa ihmisiä ymmärtämään emergentejä ilmiöitä, joista tärkeimpiä ovat Deutschin (1997) mukaan elämä, ajatus ja laskutoimitus. Emergenssit ovat korkean tason ilmiöitä, joita ei voi johtaa matalamman tason teorioista mutta joista on ymmärrettäviä faktoja. (Deutsch 1997, 28.) Ne voidaan selittää tai ennustaa tähän ilmiöön suoraan viittaavien korkeamman tason teorioiden avulla (Deutsch 1997, 36). Tällainen emergenssi ilmiö on muun muassa rakkaus.

Tutkimuksessani olen tarkastellut ilmiöitä fysiikan opetuksen näkökulmasta, joka poikkeaa fysiikallisen tieteen periaatteista (vrt. Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 117-118). Tutkimuksessani perustelen, että tietoon liittyvät arvot, kaikki ilmiöt, eivät ole kausaalisia eikä kaikkea tietoa voi saada kvantitatiivisesti ja, että havainnot ovat subjektiivisia. Oman tutkimukseni paradigmoista olen kertonut luvussa 5.4.

7.2.4 Oppilas ja tieto

Tässä kappaleessa käsitellään opetuksen tutkimusta, joka antaa ehdotuksia tietoon ja tietämiseen liittyvien kysymysten käsittelystä koulussa. Vertaan myös näitä tuloksia fysiikan valinnaiskurssin tehtäviin.

Käsitykset tieteestä ja tiedosta vaikuttavat opetusjärjestelyihin, joten opettajan on hyvä olla siitä tietoinen ja antaa siitä tietoa myös yläkoulun opiskelijoille. Sormusen (2004) mukaan tehokkainta olisi luultavasti sellainen oppimis- ja opiskeluprosessi, jonka aikana sekä oppija itse että prosessia ohjaava opettaja tulisivat tietoiseksi oppilaan ontologisissa, episteemisissä ja toimintaa säätelevissä sosiaalis-affektiivisissä näkemyksissä tapahtuvista muutoksista. Opetusta ja oppimista ohjaa usein tiedostamattomasti omaksuttu käsitys tiedosta. (Sormunen 2004, 57.)

Luonnontieteellisen tiedon ja tietämisen luonnetta koskevan metatiedon ottaminen mukaan luonnontieteiden opetuksen yhteyteen on haasteellista, mutta toteutettavissa (Sormunen 2004, 358). Sormusen (2004) mukaan episteemiset tavoitteet eivät ole vielä näkyneet tutkimuksissa oppilaiden episteemisen tason muutoksena (Sormunen 2004, 334-335). Useiden näkökulmien esille tuominen kehittää ajattelua, ja ihmisen ajattelu myös muuttuu ja kehittyy iän ja kokemuksen myötä. Marchandin (2001) mukaan ajattelun kehittyminen nuoruudesta aikuisuuteen voidaan kuvata kolmella käsitteellä: absolutismi, relativismi ja dialektinen ajattelu. Absoluuttinen ajattelu sisältää ehdottomia dualistisia totuuksia: hyvä - huono, oikea - väärä jne. Relativismissa usko ehdottomiin totuuksiin on kadonnut ja tiedon luonnetta pidetään suhteellisena. Dialektisessa ajattelussa kyetään luomaan synteesi siten, että relativismi hyväksytään itsenäisen ja kriittisen arvioinnin kautta. (Marchand 2001; Kallio 2005, 46-47.) Tutkimusten mukaan mitä nuorempia tutkittavat ovat, sen ehdottomammin he ajattelevat. Dialektinen ajattelu on mahdollista vasta varhaisaikuisuudessa. (Kitchener, Lynch, Fisher & Wood 1993.)

Dualismiin perustuvaa uskomusta luonnehtii käsitys tiedon absoluuttisuudesta ja objektivisuudesta. Yksilön ajattelua leimaa naivi realismi, jonka mukaan tietoa pidetään yksinkertaisen ja varmana. Sormusen (2004) tutkimuksen mukaan suurimmalla osalla oppilaista on tällainen käsitys tiedosta. Näkemys tiedon suhteellisuudesta tarkoittaa, että yksilö siirtyy dualismista omakohtaisen merkityksen muodostamiseen. Todellisuutta tarkastellaan subjektiivisen tulkinnan kautta. Se, että lopullinen totuus ei ole saavutettavissa, ei estä tietoväittämien vertailua ja rationaalista päätöksen tekoa. (Sormunen 2004, 234- 235.) Viimeiselle episteemiselle tiedon tasolle tultaessa yksilö pystyy yleistämään näkemyksensä ja tarkastelemaan tietoa erilaisten kontekstien suhteen. Esimerkiksi auktoriteettien tietoa aletaan tarkastella kriittisesti ja sitä pidetään varmempana kuin oma tieto. Näkökulmia voidaan vertailla ja sen pohjalta arvioida niiden suhteellista merkitystä. Sormusen (2004) mukaan myös 7.-luokkalainen pystyy tämänkaltaiseen arvioon esimerkiksi vertailemalla eri tutkijoiden tai opettajan oikeaa tietoa. (Sormunen 2004, 236-237.)

En tutkinut oppilaiden käsitysten muuttumista, mutta fysiikan valinnaiskurssin materiaalisissa (Kärnä 2001) pyrin tehtävien avulla siihen, että oppilaat saisivat monipuolisen käsityksen tiedon totuudellisuudesta. Tarkastelimme dualistisia asioita, jotta oppilaat tulisivat tietoisiksi dualistisesta ajattelusta. Huomasimme, että harvat asiat maailmassa ovat ”mustavalkoisia”. Seuraavassa on ote videolta kirjaamastani keskustelusta. (O = opettaja, Op = oppilas)

O: Onks' mahdollista yhdistää dualistisia ominaisuuksia, voiko positiivisuuden ja negatiivisuuden yhdistää?

Op: Nolla piste.

O: Esimerkiksi päivän ja yön välillä.

Op: Ei se yleensä tule ihan yhtä'äkkiä. On aika, jolloin päivä muuttuu yöksi.

O: Mistä tietää onko pimeys vai valo?

Op: Jos sä näät jotain on valoo, silloin kun et nää mitään on pimeys.

Op: Päivän ja yön välillä on sininen hetki.

Maailmassa vallitsee mielipiteiden moninaisuus, jonka pyrimme hyväksymään. Fysiikan valinnaiskurssilla huomasimme, että fysiikan peruskäsitteistä, kuten aineen rakenneosista, ei ole ollut aina varmuutta ja yksimielisyyttä, mutta erilaisia näkökulmia voidaan vertailla. Tehtävien kautta huomasimme myös, että tieto on suhteellista ja kontekstisidonnaista. Fysiikan valinnaiskurssilla tehtävien avulla käsittelin kaikki episteemisten uskomusten tasot, mutta pyrin kohti korkeinta tasoa, useiden näkökulmien esittämiseen ja vertailemiseen. Oppilaiden palautteessa oli tietoon liittyviä diskursseja:

Alussa:

-Mutta mielestäni kaiken ei tule olla niin varmaan laskettua, tieteellistä totuutta. Kukaan meistä ei voi sanoa fysiikan olevan täysi absoluuttinen vastaus maailmaan. (B1)

-Että oppisin paljon eri filosofeista, kuinka he ajattelivat ja kuinka he ”pääsivät” niihin ajatuksiin ja johtopäätöksiin. (J1)

Puolivälissä

-Täällä tunneilla herää monia ajatuksia monien vuosisatojen takaa Platonin ja muiden Filosofien avulla...se joka luulee tietävänsä kaiken, ei tiedä mitään...mietippäs sitä. (C2)

-Täällä on ollut hyviä ja monipuolisia juttuja. (J2)

-Kaipaen jotain enemmän...vähemmän tieteellistä. Keksiä omia selityksiä miksi ...esim. kukka kasvaa, sataa, salamoi. (L2)

Lopussa

-Kurssilla tutkitaan monipuolisesti mieltä kutkuttavia kysymyksiä (B31)

-Olen saanut vastauksia moniin kysymyksiin, joihin olin kuvitellut ettei löydy vastausta. Sekä löytänyt uusia vastauksia ja lisäyksiä, jo ”tietämiini” vastauksiin. (I31)

-Ainakin omalla kohdalla kurssi oli avartava. (C32)

-Nyt kurssin lopussa, olen pystynyt tutustumaan omaan ajatusmaailmaani monelta eri kantilta. (I31)

-Kun meille tultiin vuosi sitten esittelemään tätä kurssia, pidin tätä naurettavana.

Voivatko kivet elää...mitä typerämpää on vielä olemassa. Mutta juuri tuo lause sai minut miettimään. Jospa kiviltä kysytään että voiko ihmiset elää, se varmasti kuulostaisi yhtä typerältä...Mutta vain jos he elävät. (I31)

Vuoden kuluttua

-Avarsi mieltäni erilaisten opetustyylien sekä erilaisten ajatusten suhteen. On hyvä esittää kysymyksiä, joita ei yleensä tule kysyttyä. (A4)

-Se auttoi ainakin siihen aikaan ajattelemaan vähän laajemmin asioita. (F4)

-Onhan se hyvä tutustua moniin erilaisiin asioihin, ilmiöihin..muuhun. Ei sitä tiedä milloin se tieto tulee tarpeeseen. Kurssista oli tämän takia hyötyä.(I4)

-Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta. (L4)

-Kyllähän kurssi varmasti lisäsi yleissivistystä - siellä kuultuihin nimiin törmää usein (esim. Newton) Hyvä tietää tärkeiden tieteilijöiden taustoja ja pohdintoja. (L4)

Kaksi oppilasta ilmaisi jo kurssin alussa kehittyneitä käsityksiä tiedon suhteellisuudesta ja filosofien ajattelun lähtökohdista. Puolivälissä kurssia ilmaistiin diskursseja tiedon monipuolisuudesta ja kaivattiin selittämistä. Kurssin lopussa mainittiin tiedon monipuolisuus, laajuus (avartava) ja erilaiset, uudet näkökulmat. Kurssin jälkeen vuoden kuluttua oli eniten tietoon liittyviä ilmauksia (3/5) (LIITE 9). Mainittiin, että kurssi avarsi, antoi uusia näkökulmia (uudet kysymykset) ja tietoa erilaisista hyödyllisistä ilmiöistä sekä tieteilijöiden taustoista.

Sormunen (2004) antaa esimerkkejä siitä, miten opettaja voi auttaa oppilaita tiedostamaan episteemisiä uskomuksiaan. Ensiksi havainnot tulisi tulkita yhdessä oppilaiden kanssa suhteessa aikaisempiin selitysmalleihin, koska kokeellisessa tutkimuksessa yksittäisten havaintojen merkitys korostuu helposti liikaa vahvistaen empiristis-deduktiivista käsitystä tieteellisestä prosessista. (Sormunen 2004, 332.) Havainnoista keskusteleminen tuottaa Crouchin ym.(2004) tutkimuksen mukaan parempia oppimistuloksia (Crouch ym. 2004, 835). Toinen keino on kotitehtävät, joissa kysymykset kohdistuvat päätelmien taustalla oleviin olettamuksiin. Kolmas keino on arkielämän kokemusten esiintuominen. Opettajan tulisi ottaa sellaisia esimerkkejä ja ilmiöitä tarkasteltavaksi, jotka ovat tuttuja arkielämästä ja joihin liittyy intuitiivisia olettamuksia. Myös mallintaminen ja koetulosten poikkeavuus mahdollistavat tietoteoreettisen tarkastelun. (Sormunen 2004, 334- 335.) Intuitiivisilla olettamuksilla Sormunen tarkoittaa arkielämän tiedostamatonta päättelyä.

Arkitiedossa päättely on usein intuitiivista. Arkielämän ennustamiselle ja selittämiselle ei aseteta tiukkoja vaatimuksia. Hyvin erityyppistä tietoa voidaan käyttää eri konteksteissa. Oppilaiden näkemykset tulisi tuoda selkeästi esiin luonnontieteen opetuksen yhteydessä keskustelemalla ennen luonnontieteellistä toimintaa tai sen yhteydessä. (Sormunen 2004, 331.) Sormusen (2004) mukaan opettaja voi auttaa oppilasta tunnistamaan tietokäsityksenä esimerkiksi kysymällä: *Mistä tiedät oppineesi mainitsemasi asiat?* Sormusen (2004) tutkimusaineistosta nousi vahvasti esiin havaintojen merkitys oman tietämyksen perusteltavuuden kriteerinä: kun näkee, niin uskoo. (Sormunen 2004, 230- 231.)

Fysiikan valinnaiskurssilla mietimme, kuten aiemmin olen maininnut, mitä ongelmaa tiedemiehet yrittivät ratkaista, kun he kehittivät merkittävät teorian. Arkielämään liittyvät tehtävät olivat lähtökohta ilmiön käsittelyyn. Keskustelimme yhdessä havainnoista (Kärnä 2001.) Valinnaiskurssin kokemusten perusteella paras tapa oppilaiden ja opettajan episteemisten käsitysten esiintuomiseen ja tiedostamiseen on keskustelu (Kärnä 2008). Keskustelun merkityksestä opetustilanteessa on paljon tutkimustietoa (Ahtee & Pehkonen 2005; Beatty ym. 2006; Crouch ym. 2004; Hogan ym. 1999; Saari 1997).

Tutkin toisessa opinnäytteessä fysiikan valinnaiskurssin videolta kirjoittamiani keskusteluja (Kärnä 2008). Videolta kirjatut oppilaiden esimerkkidiskurssit luokiteltiin soveltaen yhteistoiminnallisessa oppimisessa käytettyä luokittelua: 1) fysiikan diskurssi, joka voi olla rakentava tai kuvaus, 2) kognitio, joka voi olla tutkiva tai tavanomainen (Kumpulainen 2002; Kumpulainen & Wray 2002). Opettajan vuoropuhelun diskursseja varten kehitettiin oma luokittelu, joka lähtee siitä, että opettajan jokaisen kysymyksen on sisällettävä kolmen tason tavoite: sisältötavoite, prosessitavoite ja metakognitiivinen tavoite (Beatty ym. 2006).

Tutkimukseni (Kärnä 2008) mukaan oppilaiden diskurssien analyysistä ilmenee (taulukot 32, 34, 35 ja 37; LIITE 8), että pohtiva, filosofinen ja ongelmakeskeinen konteksti herättää rakentavaa ja tutkivaa dialogista keskustelua. Oppilaat kertovat havainnoistaan ja tekevät päättelyjä, kun kyseessä on konkreettinen ongelmatilanne, ”purkkiongelma” (LIITE 8). Tällainen keskustelu saa oppilaat esittämään kognitiivisesti tutkivia ilmaisuja, joissa on

näkökulmia ja arviointeja merkityksistä. Opettajan puheenvuorot (taulukot 33, 34, 36; LIITE 8) sisältävät eniten sisältötavoitteita, jolloin opettaja havainnollistaa, selvittää käsitteitä, periaatteita ja niiden vuorovaikutussuhteita. Prosessitavoitteita sisältävässä puheenvuorossa opettaja pyrkii ohjaamaan kognitiivisia taitoja oppilaiden käyttöön. Opettaja pyrkii auttamaan oppilaat konkreettisen ratkaisuun ja vaikuttamaan oppilaiden ajatteluun (metakognitiivinen tavoite). Tässä keskustelussa opettajan kysymykset ohjaavat oppilaan havainnointia ja päättelyä. Hoganin ym.(1999) tutkimusten mukaan opettajajohtoisessa opetuskeskustelussa korkeamman tason perustelutaidot kehittyvät parhaiten. Kun oppilaat keskustelevat keskenään, he esittävät paljon kysymyksiä, epäilyjä ja metakognitioita. (Hogan ym. 1999, 379-432.)

Keskustelu fysiikan opetuksessa sekä filosofisista aiheista on hyvä opetusmetodi. Fysiikan valinnaiskurssilla oppilasryhmä kannusti esittämään pohtivia ja ”vaativia” mielipiteitä. Seuraavassa on esimerkkikeskustelu kurssilta (taulukko 22) ja sen luokittelu.

Taulukko 22. Esimerkki oppilasryhmän keskustelusta (Kärnä 2008)

	<i>diskurssi</i>	<i>diskurssin luokittelu</i>
M	Mitä tarkoittaa hiljainen tieto?	
E	Ei tarte tietää	ajattelua luova tai muokkaava/RAKENTAVA ratkaisua pohtiva keskustelu/KOGN:TUTKIVA
M	Tieto, jonka tietää tietämättä	ajattelua luova tai muokkaava/RAKENTAVA, näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
E	Niinpä	tiedon välittäminen/KUVAAVA normaali tietojenvaihtokeskustelu/KOGN:TAPA
M	Semmonen tieto, minkä sä tiedät sillee niiku et	ajattelua luova tai muokkaava/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
E	Sä tiedät kaikenlaista, tai semmonen hyvä tietää	argumentointi/RAKENTAVA, näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
E	Pienenä kun sä synnyt, sä tiedät kaikenlaista	ajattelua luova tai muokkaava/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
Op	Ei	vastaaminen/KUVAAVA normaali tietojenvaihtokeskustelu/KOGN:TAPA
E	Kyllä tietää ja kun joku kilpikonnan munii munan hiekan alle, ja sieltä se kuoriutuu ja tulee ulos sinne hiekalle, ja ne tietää että pitää lähtee mereen	havainnointi ja päättely/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/KOGN:TUTKIVA
Op	Mistä ne tietää	kysymysten esittäminen/KUVAAVA normaali tietojenvaihtokeskustelu/ KOGN:TAPA
M	No, se on niiden hiljasta tietoo	argumentointi/ RAKENTAVA, näkökulmien ja merkitysten arviointi/KOGN:TUTKIVA
E	Se on perimätietoo. Ihmisessäkin on perimätietoo, me tiedetään jo ihan pienenä mitä me ei tiedetä tietävämme	ajattelua luova tai muokkaava/ RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA

Keskustelu käytiin ilman opettajaa (Op tarkoittaa tunnistamatonta oppilasta, M ja E oppilaita). Jokainen oppilaan diskurssi on jaettu kahteen osaan soveltaen yhteistoiminnallisesta oppimisesta tehtyä tutkimusta (Kumpulainen 2002; Kumpulainen & Wray 2002).

Ensimmäinen kuvaa keskustelussa välittyvän tiedon luonnetta (kuvaava/rakentava) ja toinen ajattelun tasoa (tavanomainen/tutkiva). Taulukossa 22 näkyy luokitteluni jaottelua keskustelusta, joka on kokonaisuudessaan liitteessä 8. Esimerkiksi ensimmäinen diskurssi taulukossa on ajattelua luova ja muokkaava (rakentava ilmaisu) ja ratkaisua pohtivaa keskustelua (kognitiivisesti tutkiva diskurssi).

Yleisesti voi sanoa, että opettajan on kiinnitettävä enemmän huomiota omien kysymystensä suunnitteluun tavoitteiden pohjalta. Oppimisen kannalta on oleellista myös, miten opettajan puhe rytmittyy esittämisestä keskusteluun (Viiri & Saari 2004). Filosofinen tehtävä laittoi oppilaat ajattelemaan, päätelemään ja argumentoimaan, mikä johti kommunikoinnissa omien näkökulmien ja merkitysten arviointiin kuten ongelmaratkaisutehtäväkin. Tehtävät, jotka edistävät oman ajattelun tiedostamista, johtavat omaan kokemukseen ja sitä kautta herättävät innostusta opiskeltavaa asiaa kohtaan. Fysiikanvalinnaiskurssin luonne oli hyvin pohtiva ja filosofinen. Kerran oppilaat käyttivät kameraa hyväkseen ja kirjoittivat seuraavat viestit:

”Lisää filosofiaa!! Asiasta on sanottu riittävästi kun on saatu selvyyttä siinä määrin kuin tarkasteltava asia vaatii. Harkitsemmeko kaikkea ja onko kaikki valinnanvaraista vai onko asioita, joita ei voi harkita.”

M: ”Miks ihmiset yrittää tietää kaikkee, eihän niiden tarte tietää kaikkee ja menee sekaisin kun yrittää tietää. Selväjärkinen tietää miten tulee elää eihän niiden tarte tietää kaikkee.”

Oppilaiden tietokäsityksen kehittymisen takia on tärkeää kehittää tieteellisen perustelun menetelmiä, joita tarvitaan myös jokapäiväisessä elämässä (Chinn & Malhotra 2001; Besson 2004). Fysiikan valinnaiskurssin aineistossa oli syy- ja seuraussuhdetta sekä päättelykykyä harjoittavia tehtäviä (kappale 7.2.1).

Koulun opetussuunnitelmassa on piirteitä konstruktivistisesta paradigmasta (kappaleet 2.4.1 ja 7.2.3), jonka episteemisiä (tietoteoreettisia) peruspiirteitä ovat seuraavat: ontologinen todellisuus on irrelevantti tai sitä ei ole, absoluuttista totuutta ei voida koskaan saavuttaa, tieto ei voi olla ontologisesti objektiivista. (Haapasalo 1998, 95; Meisalo ym. 2000, 36.) Tiedon olemukseen vaikuttavat aina yksilön kokemusmaailma, käsitteistö ja näkökulma, joka kulloinkin tietoa synnyttää tai tarkastelee (Haapasalo 1998, 95). Konstruktivismin käsitykset todellisuuden luonteesta ja tiedosta ovat ristiriidassa klassisen fysiikan antaman mekaanisen maailmankuvan kanssa (mm. Saarikko 1998, 98-100). Kvanttifysiikan maailmankuva on moninaisempi, mutta kvanttifysiikka ei kuulu koulun opetussuunnitelmaan.

Fysiikan valinnaiskurssilla etsin uusia näkökulmia fysiikan opetukseen tavoitteena, että perusoppiainesta laajempi oppiaines toteuttaa koulun kasvatustavoitteita ja antaa reaalisemman kuvan maailmasta. Käsitykset tiedosta ja tieteestä ja tutkimukset tukevat fysiikan valinnaiskurssin tehtävien luonnetta, joiden kautta oppilaat tiedostivat ontologisia (esim. dualismi) ja episteemisiä kysymyksiä (mikä on tiedettä, kehittyvä tiede) ja oppivat tieteen menettelytapoja (syy- ja seuraussuhteet).

Näkökulman laajentaminen ja monipuolistaminen vaikuttavat oppilaan ajattelun tasoon, josta opettajan tulisi olla tietoinen. Keskustelut muun muassa tiedon alkuperästä ja havainnoista on hyvä tapa tiedostaa käsityksiä. Keskustelua käytiin fysiikan valinnaiskurssilla, ja sen lähtökohtana olivat usein kehittyvän tieteen kysymykset tai ihmiseen liittyvät arkielämän ongelmat, joita käsittelen luvuissa 7.3 ja 7.4.

7.3 Kehittyvä fysiikka

Fysiikan valinnaiskurssia suunnitellessa etsin fysiikan oppiaineistoa, joka tukisi käsitystä subjektiivisemmasta todellisuudesta ja tiedon luonteesta (konstruktivistinen paradigma) kuin perinteisen koulufysiikan käsitys. Päädyin tarjoamaan yläkouluikäisille katsauksia tieteen kehityksestä, joka sisältää myös ajankohtaista, modernin fysiikan ristiriitoja herättävää ja keskeneräistä aineistoa. Tätä fysiikan tietoa on oppikirjoissa, mutta opettaja ei välttämättä tiedosta sen merkityksestä realistisen maailmankuvan muodostumiselle. Fysiikan historia sisältää myös tällaista tietoa, mutta peruskoulun tasolla voi saada sen kuvan, että kehitys on päättynyt oikeisiin ratkaisuihin. Tässä luvussa tarkastelen kysymyksen asettelua, jota kävin oppilaiden kanssa ja vain hahmotelmia vastauksista. Annan muutamia näkökulmia kehittyvästä tieteestä. Kun oppilaille antaa kuvan tieteen avoimesta ja kehittyvästä luonteesta, se vapauttaa tutkimukseni mukaan oppilaat omiin pohdintoihin ja antaa aineksia realistisen nykyaikaisen maailmankuvan muodostumiselle.

Kaikkiin kysymyksiin ei tarvitse löytää yksiselitteisiä vastauksia. Tiede on kehittyvää, ja tiedemiehilläkin on avoimia kysymyksiä esimerkiksi pimeästä aineesta. Maan rakenteessakin on avoimia kysymyksiä, sillä esimerkiksi fyysikot eivät ole osanneet rakentaa hyvää teoriaa sille, millaista on Maan keskipisteessä. Aineen ominaisuuksia näissä olosuhteissa ei osata laskea kovin hyvin. (Feynman 2002, 71.) Tieteen avoimet kysymykset ja modernin fysiikan teoriat, esimerkiksi aineen aalto- ja hiukkasluonne, ovat vaikeita oppilaille. Lautalan (2000) tutkimuksessa suurin osa yhdeksännen luokan oppilaista ei miellä valoa aaltoliikkeeksi. Ne, jotka onnistuivat, tekivät sen taittumisen ja erityisesti heijastumisen perusteella. Sen sijaan ääni liittyi mielikuvaan aaltoliikkeestä käyttäytymistapansa, heijastumisen vuoksi. (Lautala 2000, 137.)

Fysiikan valinnaiskurssilla käsitelimme kehittyvän fysiikan näkökulmasta fysiikkaa kahdeksalla oppitunnilla (historiallinen tutkimus, luonnonlait, valo, kaaos). Teema oli kuitenkin integroitunut koko kurssin tehtäviin. Valinnaiskurssin materiaaliin kehitin tehtäviä, joissa pyrin antamaan oppilaille monia näkökulmia tieteeseen ja näyttämään tieteen kehittyvän luonteen. Kurssilla käsitelimme seuraavia tehtäviä: *Miten tietämys liikkeestä ja sen syistä on muuttunut. Miten kvanttifysiikka muuttaa fysiikan lakeja?* (Kärnä 2001.) Aineen rakenne on kiinnostanut ja askarruttanut tiedeyhteisöä aina. Oppilaille voidaan valottaa tätä fysiikan perustutkimuksen maailmaa kiintoisina keskustelunaiheina. Pimeä aine ja antimateria ovat tieteiskirjallisuuden aiheita. Fysiikan valinnaiskurssilla asetin seuraavia kysymyksiä: *Miksi tutkijat ja muutkin ihmiset ovat kiinnostuneet aineen rakenteesta? Voiko energia muuttua aineeksi?* Jokainen on kuullut suhteellisuusteoriasta ja kvanttifysiikasta. Mitä ne tarkoittavat? Fysiikan kannalta kiinnostavia ovat monitieteelliset kysymykset elämän synnystä ja mahdollisuuksista sekä ihmisen tietoisuudesta. Mitä fysiikan opettaja voi vastata kysymyksiin: *Miten maailma on syntynyt? Onko olemassa muita todellisuuksia?*

Tietomme kolmiulotteisesta ympäristöstä, maailmankuvamme, perustuu havainnointiin. Koemme elämän kolmiulotteisessa maailmassa. Oppilailta voidaan kysyä: *Miltä näyttää Einsteinin neliulotteinen aika-avaruus? Ovatko elektronit ja muut näkymättömät hiukkaset neljännen ulottuvuuden olioita?* Matemaatikot ja teoreettiset fyysikot käsittelevät myös muita ulottuvuuksia, rinnakkaismaailmoja, joita emme voi havainnoida suoraan. Valinnaiskurssin materiaalissa on tehtävä: ”Kirjoita tarina, joka tapahtuu kaksiulotteisessa maailmassa, tasomaassa.” Tällainen tehtävä pakottaa oppilaat ajattelemaan kontekstin rajoja.

Miten käsitys aineen rakenteesta on muuttunut? Tätä kysymystä voidaan lähestyä tarkastelemalla eri teorioita ja uusia löytöjä aineen rakenteesta. Newton, Bohr ja Einstein ovat edistäneet tuntemustamme aineen rakenteesta. Yläasteen oppilaat tuntevat vain Bohrin atomimallin ja aineen kolme olomuotoa. Heillä ei ole käsitystä lukuisista alkeishiukkasista tai säikeistä aineen rakenneosina. Atomeista koostuvalla aineella on kolme perusolomuotoa: kiinteä, neste ja kaasu. Aineen neljännessä olomuodossa plasmassa atomirakenne on rikkoutunut. Plasmaa löytyy tähtien sisustasta muun muassa Auringosta. Viime vuosina on löydetty kaksi uutta aineen olomuotoa: *Bosen-Einsteinin kondensaatti* (Maalampi 2006, 145-147) ja *fermionikondensaatti*, joka muistuttaa suprajohtavaa metallia. Kondensaatissa atomeita on kasaantunut yhteen samaan tilaan kylmässä lämpötilassa, ja atomit käyttäytyvät kuin ne olisivat yksi ainoa hiukkanen (Törmä 2004).

Kvanttiteoria ei anna havainnollista kuvaa aineen rakenteesta. Teoria tulkitsee aineen sekä hiukkasiksi että aalloiksi. Kaksoisrakokokeessa sama hiukkanen näyttää samanaikaisesti kulkevan kahdesta eri raosta ja synnyttävän varjostimelle aaltomaisen kuvion. Hiukkasella on muoto, se on ”kova” ja sen sijainti voidaan määritellä. Aalto on liikettä ja sen yhteydessä esiintyy interferenssi-ilmiöitä. Atomi on sekä hiukkasia että aaltoja tai ei kumpaakaan. Aineen luonne on ihmeellisempi kuin voimme kuvitella. (Stenholm 1994, 103-110.) Kokeissa havaintotulos riippuu siitä, kysytäänkö aaltoihin vai hiukkasiin liittyviä kysymyksiä. Atomi ”vastaa oikein” eikä paljasta perimmäistä luonnettaan (Davies & Gribbin 1992, 206-207).

Avaruusaikaa ei voi mallintaa piirtämällä. Elämme 4-ulotteisessa aika-avaruudessa, puhutaan myös avaruusajasta. Aikaa kutsutaan neljänneksi ulottuvuudeksi, mutta aika ja avaruus ovat erilaisia ulottuvuuksia. Aika kuluu ja etenee koko ajan meistä riippumatta. (Enqvist 2005, 73.) Kun avaruuden muotoa muutetaan, ajan muoto muuttuu, mutta sillä on vain yksi suunta, tulevaisuus (Hawking 2003, 33). Aika ei voi koskaan palata samaan kohtaan. Sen sijaan voidaan miettiä muiden paikka- ulottuvuuksien malleja.

Yksi-ulotteinen avaruus on viiva, kaksi-ulotteinen taso ja kolmessa ulottuvuudessa on mukana myös korkeus. Neljäs ulottuvuus on mieleemme tavoittamattomissa, ja sitä on mahdotonta havaita kolmi-ulotteisessa maailmassa, samoin kuin tasomaan asukkaalle kolmas ulottuvuus, korkeus, on näkymätön. Vuonna 1884 englantilainen rehtori ja pappi Edwin Abbot kirjoitti kirjan *Flatland* (Tasamaa), jonka asukkaat olivat ympyröitä, kolmioita, neliöitä ja muita monitahokkaita. Kun he kohtaavat eräänä päivänä pallon kolmiulotteisesta maailmasta, heidän havaintokykynsä ei pystynyt käsittelemään asiaa. (Abbot 1884/1997)

Yhdysvaltalaiset fyysikot kirjoittivat 1970-luvulla säieteorian, joka pätee 11-ulotteisessa maailmassa. Se yhdistää kvanttimekaniikan muihin teorioihin, mutta teoria ei ole saanut kokeellista vahvistusta. Sen ennustamia hiukkasten symmetrisiä pareja ei ole havaittu. (Kaku 1996, 222-237.) Säieteorian hiukkaset ovatkin pieniä värähteleviä säikeitä, jotka resonoivat kohtaamisissa. Myöhemmin säieteoria laajentui koskemaan kaikkia hiukkasia ja se selittää alkeishiukkasten moninaisen lukumäärän. (Greene 2000, 154-158.)

Puhutaan myös hiukkasten kvanttikietoutumisesta. Korostaakseen kvanttimekaniikan epätyydyttäviä piirteitä Einstein laati nuorten kollegoidensa vuonna 1935 niin sanotun EPR-paradoksin. He pohtivat, mitä tapahtuu, kun hiukkanen hajoaa kahdeksi hiukkaseksi. Kvanttimekaniikan mukaan hiukkasilla on yhteys ja toisen tilan muuttaminen muuttaa toistakin. Vuonna 1982 ranskalainen Alain Aspect työtovereineen onnistui mittaamalla osoittamaan, että luonnossa esiintyy tällaisia kaukovaikutuksia. (Enqvist 1998, 123-130.) Tällöin informaationvaihto tapahtuu välittömästi, joten hiukkasilla on yhteys keskenään.

Tiedemiehet ovat pohtineet elämän edellytyksiä maailmankaikkeudessamme. Maan kaltaista elämää voi syntyä, kun painovoima on tarpeeksi suuri pitämään ilmakehän. Kuulla se ei olisi mahdollista. Virtaavaa vettä voi olla vain planeetalla, joka ei ole liian kuuma tai kylmä, ja planeetan radan on oltava vakaa. (Rees 2002, 36-37.) Reesin (2002) mukaan elämää ei voi esiintyä kuin kolme-ulotteisessa maailmassa (Rees 2002, 16). Sen sijaan tiede mahdollistaa muiden maailmankaikkeuksien olemassaolon. Eri maailmankaikkeudet ovat saattaneet jäähtyä eri tavalla, niiden tapahtumia ovat saattaneet ohjata toisenlaiset luonnonlait. (Rees 2002, 230.) Yhden teorian mukaan alkuräjähdyksiä on ollut enemmän kuin yksi (Rees 2002, 230), ja ruotsalainen fyysikon Linden esitti (1983), että alkuräjähdyksiä syntyy edelleen (Davies 1994, 141-142, 152-153).

Viime vuosikymmenen aikana maailmankaikkeuden koostumusta tutkivat astronomit ja fyysikot ovat selvittäneet, että suurin osa maailmankaikkeuden sisältämästä materiaasta on niin sanottua ”pimeää ainetta” ja ” pimeää energiaa”. Näitä ei ole havaittu suoraan millään laitteella, eikä niitä ole pystytty luomaan hiukkaskiihdyttimillä, mutta niiden vaikutuksen huomaa taivaankappaleiden liikkeestä. (Rummukainen 2005, 126.) Pimeää energiaa on maailmankaikkeudessa noin 73 %, pimeää ainetta 23% ja tunnettuja atomeja 4% (Rajantie 2005, 116-117). Pimeästä energiasta ei tiedetä paljon, mutta pimeällä aineella ajatellaan olevan massa. Se ei lähetä valoa, lämpösäteilyä, radioaaltoja eikä muutakaan säteilyä.

Koulufysiikassa selitämme planeettojen liikkeitä painovoiman avulla. Einsteinin suhteellisuusteorian mukaan kappaleiden massat aiheuttavat avaruuden kaareutumisen. Kaarevassa avaruudessa vapaan kappaleen rata on käyräviiva. Avaruusalukset kiertävät maata, koska Maa kaareuttaa ympärillään olevan avaruuden. Einstein ennusti, että myös valon reitti kaareutuu, kun se kulkee lähellä painavaa taivaankappaletta ja tämä todettiin auringonpimennyksen yhteydessä vuonna 1919. (Maalampi 2006, 85.) Koulufysiikassa tämä voidaan mainita, mutta muuten valo-opin ilmiöt perustuvat valon suoraviivaiseen kulkuun.

Valonnopeuden vakioisuudella on merkittäviä seurauksia. Avaruudesta ja ajasta tulee suhteellisia, kun valon nopeus on absoluuttinen. (Maalampi 2006, 68.) Nopeassa liikkeessä aika lyhenee ja mittajan suhteen liikkuvan kappaleen pituus lyhenee liikkeen suunnassa mitattaessa. Tästä ovat esimerkkinä kosmiset myonit, jotka ovat kaksisataa kertaa elektronia painavampia alkeishiukkasia ja joita syntyy ilmakehän yläkerroksissa. Myonin elinikä on pari sekunnin miljoonasosaa ja nopeus 98% valonnopeudesta. Ennen hajoamistaan ne kulkevat noin puoli kilometriä, joten niitä ei pitäisi näkyä maan pinnalla. Kuitenkin niitä havaitaan, koska nopeasti liikkuvan hiukkasen matka on lyhentynyt. Matka, joka on meille 2 km, on myonille puoli kilometriä. (Maalampi 2006, 82-83.)

Einsteinin suhteellisuusteorian mukaan tieto voi siirtyä paikasta toiseen korkeintaan valon nopeudella, jos oletetaan, että syyn pitää tapahtua ennen seurausta. Suhteellisuusteoria ei kiellä valoa nopeampaa liikettä ja hiukkasia, jotka ylittävät valon nopeuden sanotaan *takioneiksi*. Fyysikot ovat yrittäneet mitata beeta- hajoamisessa syntyvän neutriinon massaa mittaamalla elektronin energiaa ja ovat saaneet jossain vaiheessa tulokseksi negatiivisen arvon, joka on mahdollinen vain, jos neutriinot ovat takioneja. Mutta tutkimukset jatkuvat tarkemmilla välineillä. (Maalampi 2006, 79-81.) Takionit ovat hypoteettisia hiukkasia joita ei löydetty (Enqvist 2005, 75).

Tutkittavaa riittää ja kysymyksiä voidaan asettaa, mikä herättää kiinnostusta oppilaissa ja antaa aihetta pohdintoihin. Kaikkiin kysymyksiin ei löydy vastauksia, mikä seikka antaa realistisen kuvan maailmasta. Joudumme työstämään havaintojamme, ajattelemaan kriittisesti

ja loogisesti ja intuitiivisesti. Onko ajattelemisella sitten rajoja? Filosofit asettavat rajan uskonnolliseen, henkis-aistilliseen kokemukseen, jolloin ollaan ajattelun tuolla puolella. Ihmisen tietoisuutta pidetään aitona kvantti-ilmiönä. Enqvistin (1998) mukaan aineettoman mielen vuorovaikutus aineen kanssa rikkoo energian säilymisen lakia. Energia on mitattavaa, ja suhteellisuusteorian mukaan energia ja aine ovat sama asia. Aineeton mieli ei voi koostua energiasta, sillä muutoin se olisi ainetta eikä enää aineeton. Tietoisuuden valinnat vaativat energiaa kuten planeettojen liiketilojen muutokset. Fysikalismi ei tapa olemassaolon mysteeriä. (Enqvist 1998, 17, 39, 228-229.) Fysiikka ei pysty selittämään kaikkia ilmiöitä, mutta kaikkea voidaan tutkia ja kaikesta voidaan keskustella.

7.4 Fysiikan ja muut vuorovaikutukset – ihminen fysiikan opetuksen lähtökohtana

Tässä luvussa tarkastelen fysiikan vuorovaikutuksia ja luonnonlakeja myös ihmisen kontekstissa. Ihmisläheinen näkökulma kiinnostaa oppilaita (Juuti ym. 2004, 38-41) ja auttaa avaamaan episteemisen opetuskeskustelun.

Ihmiskeskeinen näkökulma opetukseen edellyttää, että ihmistä käsitellään myös kappaleena, johon fysiikan lait pätevät. Tämä ei tarkoita sitä, että fysiikan lakien avulla pyritäisiin selittämään kaikki ihmisten väliset vuorovaikutusilmiöt. Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa ilmiöitä on hyvä tarkastella monesta näkökulmasta ja mahdollisesti ihmiskeskeisesti ja tuoda fysiikan opetus lähemmäksi oppilaan arkea (vrt. kappale 6.1.7). Havaintojen tekemisen opettamiseen kuuluu ilmiöiden vertaaminen, yhtäläisyyksien ja erojen etsiminen (vrt. kappale 7.1.2) Maailmassa kaikki vaikuttaa kaikkeen.

Melkein minkä tahansa fysiikan aiheeseen voi liittää ihmiseen liittyvän lähtökohdan. Ennakkokäsitysten ja oman äänen löytämiseksi voi käyttää tehtäviä, joissa oppilas vertaa mielipiteitään olemassa oleviin tai historiallisiin käsityksiin. Fysiikan valinnaiskurssilla käsitelimme kaikkia aiheita ihmisen näkökulmasta, erityisesti kahdeksan oppitunnin aikana (vuorovaikutukset, energia, vuorovaikutukset ihmisten välillä, luonnonlait). Esimerkiksi oli tehtävä: *Pohdi luonnonlakeja. Voivatko nämä lait vastata ihmisen kysymyksiin, miten elää elämänsä?*

Valinnaiskurssin tehtävissä tarkasteltiin ihmisen vuorovaikutusta ympäristön kanssa; äänen, valon, värien, tuoksujen ja liikkeen vaikutusta ihmiseen, hänen kehoonsa, aisteihin ja ajatuksiin. Vuorovaikutus yhdistää kokijan olioon tai ilmiöön. Käsitelimme myös tunteita: *Voidaanko puhua tunteiden heijastumisesta ja imemisestä? Mitä tarkoittavat väitteet: Hän virittäytyi heidän kanssaan samalle aaltopituudelle. Energiamme tai kemiamme eivät kohtaa.*

Fysiikan valinnaiskurssilla vuorovaikutuksien käsittely (sähkömagneettisen vuorovaikutus, gravitaatio, heikko ja vahva vuorovaikutus.) aloitettiin pallonheitolla, joka mallintaa sitä, että hiukkanen välittää vuorovaikutuksia. Pallomalli ei täysin kuvaa tilannetta, sillä gravitaation ja sähkömagneettisen vuorovaikutuksen välittäjähiukkanen on massaton ja gravitaation välittäjähiukasta ei ole löydetty. Tämän jälkeen pohdittiin ihmisessä ja hänen kohtaamisissaan ilmeneviä fysikaalisia vuorovaikutuksia. Ihminen on vuorovaikutuksessa toiseen ihmiseen tai eläimeen sekä luontoon. Puhe, laulu, kirjoitus, piirtäminen, elekieli ja kosketus toimivat ihmisen vuorovaikutusvälineinä. Puhutaan myös ihmisten välisestä telepatiasta. Fysiikan tunnilla vuorovaikutuksia käsitellessä voidaan miettiä ihmisten välisten vuorovaikutuskeinojen luokittelua ja luonnetta. Ihminen kommunikoi ympäristönsä ja toisen

ihmisen kanssa aistiensa välityksellä, puhumalla ajatuksistaan ja tunteistaan, katselemalla ilmeitä ja eleitä. Vuorovaikutus on informaation välitystä ja se voi aikaansaada muuttunutta toimintaa ja tietoisuuden muutosta.

Aikaisemmin olen (kappale 6.2.2) perustellut vuorovaikutusaihetta fysiikan tunnilla seuraavasti. Todellisuuden toiminta ilmenee vuorovaikutuksina ihmisten ja luonnon välillä (Niiniluoto 1994, 144; Manninen 1987, 129-138; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 362-372). Sosiaalisilla suhteilla ja yksilön omalla kehityksellä on läheinen yhteys (Pietarinen & Rantala 2002, 229-231), ja kokeellisen työskentelyn rinnalla tarvitaan kognitiivista ja affektiivista aktivointia (Saari 1997; Juuti 2005). Tunteiden ilmaisua on tarpeen oppia muun muassa itsetuntemuksen ja palautteen takia (Tamminen 2004, 62-67).

Oppimisessa ja muussa toiminnassa on painotettu tunneälyä, johon liittyy omien tunteiden tiedostaminen, tunteiden hallitseminen, motivaatio, empatia ja sosiaaliset taidot (Goleman 1997, 64-66). Yksi tärkeä vaihe empatian kehittymisessä on se, että nuori saa tunnepalautetta, tiedostaa omia tunteitaan (Goleman 1997, 127-131). Monet koulun kasvatustavoitteista liittyvät tunteisiin, vastuuntuntoiseksi ei kasveta kehottamalla vaan käsittelemällä tunteita, arvoja ja ajatuksia. Omia tunteita, ajatuksia ja arvoja tiedostaa, jos ilmaisee ne kirjoittamalla tai puhumalla. Yksi hyvä keino on oppimispäiväkirjan pitäminen: normaalien asiatietojen lisäksi oppilas kirjaa oppimisensa edistymistä. Tapa on yleisesti käytössä aikuisopinnoissa ja vaatii yläkoulussa opettajan ohjausta. Opettaja voi auttaa kysymällä: Mitä mieltä olet? Miltä tuntuu? Oletko vihainen? Mitä sinä olisit tehnyt siinä tilanteessa? Sosiaalisia taitoja ja tunneälyä voi myös harjoitella ja opiskella.

Kasvien tapaa välittää informaatiota on myös vuorovaikutusta ympäristön kanssa. Kasvien tuoksu on molekyylien irtoamista ja se vetää puoleensa hyönteisiä, jotka saavat ravintoa kasvista ja mahdollisesti vaikuttavat kasvin lisääntymiseen. Myös kivet välittävät informaatiota, sillä esimerkiksi radioaktiiviset aineet lähettävät hiukkassäteilyä tai energiaa. Piikivi pystyy säilyttämään informaatiota digitaalisessa muodossa. Metallit johtavat sähköä ja lämpöä, ja niillä voi olla myös muisti. Läpinäkyvät aineet taittavat valoa, kiinteästä aineesta valo heijastuu. Erilaisten aineiden välillä tapahtuu paljon vuorovaikutusta ja informaation vaihtoa.

Syy- ja seurauksen laki toimii myös ihmisen elämässä. Mutta vain pieni osa moraalista on rationaalista ja noudattaa syy- ja seuraussuhdetta, sillä esimerkiksi sattumat ovat tapahtumia, jotka eivät noudata kausaalisuutta. Ihmissuhteissa monet noudattavat sääntöä, että kohtelee lähimmäistään kuin itseänsi. Voidaanko ajatella, että samalla tavalla puhuvat ja elehtivät ihmiset resonoivat keskenään, jolloin ihminen pyrkii samaistumaan toiseen. Edelleen voidaan etsiä yhtäläisyyksiä ja eroja fysiikan lakien ja ihmisten toimintojen välillä. Onko rentoutuminen tyhjiön luomista? Monet keksinnöt ja ideat pulppuavat intuitiomme avustuksella; se näyttää olevan mielessämme tuntematon luovuuden lähde. Se on filosofinkin mukaan tila, johon ajattelu ei yllä.

Taulukkoon 23 olen kerännyt vertailua fysiikan käsitteiden ja arkielämän käsitteiden välillä keskustelun pohjaksi. Taulukossa 23 vertailut ovat vain esimerkkejä analogioista, joita opettaja voi tehdä selittäessään fysiikan ilmiöitä. Fysiikan valinnaiskurssilla syntyi erityisesti keskustelua tunteista ja niiden merkityksestä. Tämän keskustelun oppilaat mainitsivat arviossaan erityisen kiinnostavaksi.

Taulukko 23. Pohdintoja fysiikan vuorovaikutusten ja ihmisten välisten vuorovaikutusten vertailusta

<i>Fysiikan käsite</i>	<i>Yleiskieli</i>
hiukkanen välittää vuorovaikutuksia aine-energia	aistit antavat tietoa: tuoksut, lämpö, ääni, valo, maku (hiukkanen välittää), väri, muoto, koko, koostumus
kosketus- ja etävuorovaikutus -kahden kappaleen välinen -useamman kappaleen välinen -kappaleen sisäinen (molekyylit)	kosketus/muu vuorovaikutus -kahden välinen – luontosuhde -yhteisö/suhteet –perhe -itsehavainnointi- itsetuntemus
vuorovaikutukset -gravitaatio -sähkömagneettinen vuorovaikutus -vahva vuorovaikutus -heikko vuorovaikutus –säteily	Vuorovaikutustaidot ilmaisu: puhe, kirjoittaminen, ajattelu, tunteet, eleet, kosketus, tunneäly Fysiikan vuorovaikutukset vaikuttavat
resonanssi	kuuntelu/empatia/peesaus
syy- ja seuraus	ihmisen toiminta
kaaos	intuitio/telepatia/ tunteet/moraali

Fysiikan valinnaiskurssilla eräs oppilas teki oman tutkimuksensa tunteista. Pidin tunneilmaisua niin tärkeänä, että kirjasin ne erikseen oppilaiden palautteissa. Oppilaiden tunneilmaisu auttaa opettajaa tekemään opetuksellisia päätöksiä. Opettaja laittoi oppilaat kirjoittamaan kirjeen ystävälle (palaute 2), kun hän huomasi oppilaissa tunnekuohuja. Ilmaistuaan tunteensa, ja kun niitä oli käsitelty tunnilla, tilanne muuttui positiiviseksi, mikä näkyi palautteessa kurssin lopussa (oppilas B; palaute 3).

- Mutta ryhmä on kauhea, ajatukseni lukkiutuvat, tunnen tyhmyyttä ja ylimielisyyttä. Jossain määrin pidin kurssista, asiahan on hyvä, mutta ilmapiiri mättää pahasti. Vihaan tätä. (B2)
- Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa. (D2)
- Mutta tunnille oli aina mukava tulla. (A32)
- Positiivinen kokemus. (C32)
- Ja juuri sinun ajatuksillasi on AINA tilaa. (B31)

Fysiikan valinnaiskurssilla harjoittelimme erilaisten ilmiöiden selittämistä fysiikan lakien avulla. Bessonin (2004) tutkimuksen mukaan oppilaat käyttävät huonosti fysiikan lakeja selittämään ilmiöitä. He käyttävät yleisiä perusteluja eivätkä he näe syy- ja seuraussuhdetta selkeästi. Oppilaita täytyy ohjata havaitsemaan vaikutukset, jotka ovat johtaneet tiettyyn tilanteeseen. (Besson 2004, 113.) Oppilaita voidaan ohjata havaitsemaan ympäristömme luonnonlakeja ja syy -ja seuraussuhteita: Energia ja aine säilyvät ja muuttavat muotoaan. Vastakohtaisuudet pyrkivät tasoittumaan, sillä esimerkiksi sähkövirtaa syntyy jännite-erosta, sähköjohtimessa elektronit liikkuvat suuremmasta varauksesta pienempään, vesiputouksessa vesi virtaa korkealta alemmaksi ja asemaenergia sekä lämmin ilma virtaa kylmempää kohti. Kaaos on ei-rationaalinen luonnonlaki, mutta siitä huolimatta sitä käsitellään matemaattisesti fraktaalien avulla ja sitä voidaan käyttää mallintamiseen. Kaaosteorialla lasketaan muun muassa Jupiterin punaisen täplän pysyvyyttä ja turbulensseja lentoliikenteessä.

Fysiikan opetuksen kokonaisvaltaisuus voi näkyä tehtävien luonteessa. Voidaan tehdä monipuolisia havaintoja, joissa oppilaat harjoittavat omaksumiaan käsitteiden käyttöä. Fysiikan valinnaiskurssilla oppilaat saivat tehtävän, jossa he tutkivat kiven sähkön- ja

lämmönjohtavuutta sekä magneettisuutta ja valon vaikutusta kiveen. Koulufysiikan tehtävät voivat olla eri ilmiöitä yhdistäviä: Kerro, miten valo, ääni ja lämpö vaikuttavat kiiltävään, metallipintaiseen robottiin, jonka toinen silmä on lasia ja toinen kovera peili. Lisäksi robotilla on punaiseksi maalattu suu ja pehmeä, mustaksi värjätty narutukka. (Kärnä ym.1998b, 88.) Oppilaiden on helpompi ymmärtää tehtävä, kun kysymykset esitetään tietyssä kontekstissa. Projektityöt ovat tämänkaltaisia kokonaisvaltaisia tehtäviä.

Energia on yleinen käsite käytännön elämässä ja julkisissa keskusteluissa. Se liittyy puheeseen energian lähteistä, säästämisestä ja kulutuksesta. Se on fysiikan suureena vaikea ja abstrakti käsite. Oppilailla on ihmiskeskeinen rakenne energiasta. Oppilaat täytyy johdatella vaihtoehtoiseen rakenteeseen, jossa ihmiset toimivat energian käyttäjinä ja energiaa tarvitaan johonkin prosessiin. Energia liittyy kaikkiin olioihin ja ilmiöihin. Energia määritellään oppikirjoissa kykynä tehdä työtä, mikä palautuu teknologian tarpeisiin. Energia myös muuttaa muotoa ja eniten lämmöksi, joten pikemminkin energia on kykyä lämmittää. Tärkein energian ominaisuus on sen säilyminen, se myös etenee, leviää ja siirtyy. Kun energia määritellään kykynä tehdä mitä tahansa, kuten Kurki-Suonio on hahmottanut keskusteluissa, se pitää sisällään kaiken inhimillisen toiminnan. Fysiikan valinnaiskurssilla oli seuraavia väitteitä energiasta: *Liikkumalla luonnossa voidaan saada lisää energiaa. Liikunta saa energian liikkumaan kehossa.*

Fysikaaliset ilmiöt selittyvät energiamuutosten avulla. Ihmiseen liittyvät ilmiöt ovat vaikeampia. Käytämme kommunikointiin ääntä ja liikettä, havaitsemiseen valoa ja lämpöä, meistä lähtee myös radioaktiivista säteilyä. Hermojärjestelmämme ovat sähköisiä impulsseja. Meihin vaikuttaa Maan vetovoima ja olemme Maan magneettikentässä. Emme voi selittää ajatuksia ja tunteita, jotka liittyvät mieleemme, emmekä tajuntaamme olemassa olevien fysiikan käsitteiden avulla, mutta niitä voi pohtia filosofisesti.

8 Keskeiset tutkimustulokset – tutkimustulosten luotettavuus ja pysyvyys

Luvussa 6 olen vastannut tutkimuskysymyksiini ja luvussa 7 pohtinut kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöjä. Tässä luvussa tarkastelen kokoavasti sekä teoreettisen että empiirisen tutkimuksen keskeisiä tuloksia ja kaikkien tulosten luotettavuutta.

8.1 Yhteenveto keskeisistä tuloksista

Kokonaisvaltainen fysiikanopetus

Tutkimuksessani otin käyttöön käsitteen kokonaisvaltainen fysiikanopetus, jolla tarkoitan opetusta, jossa huomioidaan fysiikan opetussuunnitelman tavoitteiden lisäksi koulun yleiset kasvatustavoitteet. Tutkimuksessani valitsin keskeiset seikat siitä opettajan tiedosta, jota opettaja tarvitsee kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen suunnitteluun (kappaleet 2.2.1 ja 6.1.1). Tulokselliseen opetukseen pyrkivä opettaja tarvitsee opetuksensa suunnittelussa pedagogista sisältötietoa, joka on tietoa siitä, miten hän siirtää opetukseensa opetussuunnitelman, ainetietoa ja didaktiikkaa (luvut 2 ja 3). Kokonaisvaltainen fysiikanopetukseen tarvittava tieto sisältää aineen hallinnan, koulun opetussuunnitelman, didaktiikan sekä tietoa opetuksen tutkimuksesta ja oppilaantuntemuksesta. Opettajalla tulee olla tietoa fysiikan luonteesta, miten aihekokonaisuudet, koulun yleiset kasvatustavoitteet ja arvo- ja asennetavoitteet toteutetaan fysiikan opetuksessa sekä siitä, miten oppilaan maailmankuva rakentuu. Opettajan tulee tietää, miten motivoida oppilasta ja hänen tulee osata soveltaa erilaisia oppimiskäsityksiä (Kuvio 1, kappale 2.2.1).

Piirtämäni käsitekartat (luku 6; Kuviot 1-8) toimivat opettajalla työvälineenä. Käsitekartoista näkyy, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon opetuksessa: aihekokonaisuudet, oppimiskäsitys, maailmankuva, kiinnostavuus, yleiset kasvatustavoitteet, fysiikan luonne ja fysiikan opetuksen tutkimukset (didaktiikka). Käsitekartoissa ja tutkimukseni muissa luvuissa on yksityiskohtaisempaa tietoa näistä aisoista. Käsitekartoja voidaan tarkastella myös toisinpäin, esimerkiksi käsittelemällä, mitä fysiikan opetuksen tavoitteita havaintojen opettaminen edesauttaa.

Keskeisiä käytännön lähtökohtia kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen toteuttamiseen ovat seuraavat didaktiset menetelmät: kokeellisuus, ongelmanratkaisu, luonnontieteellisen ajattelun taitojen kehittäminen, vuorovaikutteinen opetus ja ryhmätyöskentely (luku 3).

Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt

Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisällöt muodostuivat opettajan tiedon vertailusta käsitekarttojen avulla (kappale 6.1.8). Fysiikan valinnaiskurssilla kokeilin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteiden mukaisten tavoitteiden (kappale 6.2.1) ja sisältöjen (kappale 6.2.2) toteutumista. Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen määritelmän ja fysiikan valinnaiskurssin perusteella voin päätellä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöjen pääpiirteitä.

Kokonaisvaltainen fysiikanopetuksessa opettaja ottaa huomioon koulun kasvatustavoitteet, fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet ja maailmankuvan rakentumisen. Nämä tavoitteet toteutuvat, kun opetuksessa on laajoja näkökulmia opetettaviin sisältöihin ja tehtävien lähtökohta on ihmiskeskeinen. Tällaiset tehtävät kannustavat oppilaita ilmaisemaan mielipiteitään ja antavat mahdollisuuden vaikuttaa opetukseen. Tiedon aktiivinen prosessointi

auttaa oppilasta tiedostamaan asenteitaan ja oppimisstrategioitaan, ja hän pystyy käyttämään tietoa erilaisissa asiayhteyksissä, ja oppilaiden taitojen siirtovaikutus kehittyy. Oppilaiden tulee saada tietoa myös tiedon hankinnan prosessista alkaen havainnoinnista sekä tiedon suhteellisesta ja kehittyvästä laadusta sekä vuorovaikutuksista. Nämä liittyvät käsitykseen todellisuudesta ja sen luonteesta.

Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen aiheita ovat esimerkiksi havainnointi, vastaus kysymykseen mitä tiede on, tieteen kehitys ja rajat, fysiikan kehittyvä luonne ja vuorovaikutukset. Moderniin fysiikkaan liittyvät käsitykset aineen ja energian luonteesta, esimerkiksi valon kahtalainen luonne sekä todennäköisyys -käsite kausaalisuuden rinnalla. Laajat ja monipuolisesti käsitellyt aiheet ovat kiinnostavia ja mahdollistavat keskustelun. Näiden aiheiden kautta fysiikan tunneilla voidaan keskustella monista oppilaita kiinnostavista kysymyksistä. Näihin aiheisiin voidaan suhtautua tutkivasti filosofien tavoin ajattelemalla ja loogisten päättelyiden avulla tai niitä voidaan mallintaa kokeellisen fysiikan luonteen mukaisesti. Kaikkiin kysymyksiin ei tarvitse löytyä vastausta, jolloin opitaan tieteen rajoista. Kaikkiin kysymyksiin ei ole yksiselitteisiä vastauksia, mikä kertoo fysiikan luonteesta tieteenä. Kokonaisvaltaiseen fysiikanopetuksessa opettaja tarvitsee avointa tutkivaa mieltä ja valmiutta vuorovaikutteisen opetuksen.

Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen aiheita ovat havainnointi, kysymys mitä tiede on, tieteen kehitys, kehittyvän fysiikan uudet tutkimukset ja vuorovaikutukset. Opetuksen lähtökohdan tulisi liittyä oppilaan omaan elämään ja aiheita tulee lähestyä laajoista näkökulmista.

Koulun kasvatustavoitteiden toteutuminen fysiikan opetuksessa

Koulun yleisiä kasvatustavoitteita, itsetuntemusta ja sosiaalisia taitoja olen käsitellyt luvussa 2.3 ja tehnyt tiedosta sisällönanalyysin. Sisällönanalyysini vaiheet näkyvät taulukoissa (taulukot 4 ja 5) ja tulokset pelkistetysti käsitekartassa (Kuvio 2, kappale 6.1.2). Näistä voi päätellä, miten itsetuntemus ja sosiaaliset taidot kehittyvät. Näitä kasvatustavoitteita ei voi kuitenkaan erottaa muista tavoitteista, kuten motivaatiosta (Kuvio 6, kappale 6.1.7) ja oppimisprosessista (Kuvio 7, kappale 6.1.7), joten nekin pitää huomioida. Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa toteutuvat koulun kasvatustavoitteet. Rajoitan tässä käsittelyni vain itsetuntemukseen ja sosiaalisiin taitoihin eli vastaan kysymykseen, miten erityisesti koulun kasvatustavoitteet toteutuvat. Käsitekarttojen tulkinnassa pitäydyn pääpiirteissä, yksityiskohtaisempia tietoja löytyy tekstistä (luku 6).

Jotta oppilaan itsetuntemus ja sosiaaliset taidot kehittyisivät, fysiikan opetuksessa tulisi olla ihmisläheisiä tehtäviä siten, että oppilaat tiedostavat tunteitaan, tarpeitaan, asenteitaan, arvojaan, tavoitteitaan ja omaa luonnettaan. Menetelmänä voisi olla itsetarkkailu, havaintojen tekeminen, pohdinta, väittely, päättely, yleensä kaikenlainen ilmaisu, esimerkiksi tunteiden ilmaisu. Itsetuntemus ja sosiaaliset taidot kehittyvät vuorovaikutuksessa muihin ja ympäristöön esimerkiksi retkillä, näytelmissä ja peleissä. Tehtävät voisivat käsitellä syy- ja seuraussuhdetta tai liittyä hyödyllisiin arkielämän tilanteisiin. Opetustapahtumassa oppilaalle tulee antaa mahdollisuus vastuulliseen osallistumiseen esimerkiksi avointen tehtävien avulla.

Koulun kasvatustavoitteiden, itsetuntemuksen ja sosiaalisten taitojen, toteutumisessa fysiikan oppitunnilla auttavat oppilasläheiset oppisisällöt, joissa käsitellään havainnointia keinona saada tietoa itsestä ja ympäristöstä ja tiedon muodostumisprosessiin tarvittavia kognitiivisia taitoja vuorovaikutteisessa oppimisympäristössä.

Opetuskokeilussa oppilaiden diskursseista (taulukko 18, kappale 6.3.2) näkyy, että oppilaat kokevat itsetuntemuksensa lisäksi oppivansa ajattelun taitoja ja saavansa aineksia maailmankuvan rakentamiseen. Nämä asiat vaikuttavat oppimisprosessiin, joten koulun yleisiä kasvatustavoitteita kannattaa ”opettaa” myös fysiikan tunneilla.

Aihekokonaisuudet ovat opetusta eheyttäviä teemoja (kappale 6.1.3). Eheyttävän opetuksen tavoitteena on kriittisesti ajatteleva, ympäristöön vastuullisesti suhtautuva, vaikuttamaan pyrkivä sosiaalinen oppilas, joka sietää muutoksia. Nämä tavoitteet toteutuvat monipuolisten tehtävien, oman työskentelyn ja keskustelun kautta. Ihmisenä kasvaminen - aihekokonaisuuden tavoitteet vastaavat koulun yleisiä kasvatustavoitteita, joten aihekokonaisuuden toetutumistapa on sama kuin kasvatustavoitteiden.

Arvo- ja asennetavoitteiden toteutuminen fysiikan opetuksessa

Arvo- ja asennetavoitteet liittyvät sosiaalisiin ja yksilöllisiin kasvatustavoitteisiin (luku 2.3) sekä fysiikan luonteen ja merkityksen ymmärtämiseen (kappale 2.6.2). Käsitekarttojen (Kuvio 4, kappale 6.1.4 ja Kuvio 2, kappale 6.1.2) tarkastelu osoittaa näiden tavoitteiden toteutumisen pääpiirteitä. Yksityiskohtaisemmin toteutumista voi tarkastella käsitekartoista.

Fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet toteutuvat fysiikan opetuksessa käsittelemällä aiheita, jotka liittyvät ihmiseen ja hänen vuorovaikutukseensa ympäristön kanssa sekä tietoa ja sen luonnetta, tieteen kehitystä ja päättelytapoja koskevien aiheiden yhteydessä. Aiheita tulisi lähestyä laajoista näkökulmista, käsitellä esimerkiksi ontologisia ja arvokysymyksiä. Menetelmänä voisi olla tavoitteellinen päättely ja kaikenlainen ilmaisu vuorovaikutteisessa ympäristössä.

Realistisen nykyaikaisen maailmankuvan rakentuminen fysiikan opetuksessa

Maailmankuvaan liittyviä asioita fysiikan opetussuunnitelmassa olen käsitellyt kappaleessa 2.6.3 ja kehittänyt sen perusteella määritelmän maailmankuvasta (kappale 6.1.6), jota käytän tässä tutkimuksessa. Kehittämäni maailmankuvan näkökulma on laajempi kuin perinteisessä fysiikan opetuksessa. Se sisältää myös filosofisia elementtejä, muun muassa olioiden olemassaolosta, ja mukaan on otettu myös ihmisten väliset vuorovaikutukset (kappale 6.1.6, Kuvio 5). Oppilaiden nykyaikaista maailmankuvaa rakentavat sisällöt ja menetelmät ovat pitkälti samoja kuin edellä kuvaamassani kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa, koska maailmankuvan rakentumiseen kuuluvat tiedon ja tieteen luonne ja myös omakohtainen ymmärrys.

Realistinen, omakohtainen, tiedostettu maailmankuva kehittyy opetuksessa, jossa oppilas saa omakohtaisia kokemuksia tekemällä havaintoja, ajattelella ja olemalla vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Maailmankuvaa rakentavat tehtävät, jotka liittyvät ihmiseen, yhteiskuntaan ja luontoon sekä tehtävät, jotka käsittelevät tietoa ja sen hankkimista muun muassa havaitsemalla. Tehtävät voivat käsitellä olemassaoloa, todellisuuden rakennetta, kehitystä ja toimintaa kuten vuorovaikutuksia.

Oppilaiden kokemuksia kokonaisvaltaisesta fysiikanopetuksesta

Kokeilin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen oppisisältöjä fysiikan filosofisella valinnaiskurssilla ”Luonnonfilosofiaa”. Luvussa 6.3 käsitelin tutkimustuloksia, jotka on saatu fysiikan valinnaiskurssin oppilaiden kurssipalautteista.

Kun tulkitsin oppilaiden diskursseja heidän kirjallisista palautteistaan, ne luokittuivat seuraaviin merkitysluokkiin, jotka vastaavat (kappale 6.3.1) opetuksen tavoitteita: kiinnostavuus, maailmankuva, ajattelu, tunteet, keskustelu, yhteisöllisyys, itsetuntemus, vaikuttaminen, ehdotuksia, arviointi. Oppilaiden kaikki diskurssit ovat liitteessä (LIITE 9). Oppilaiden ilmaisut kurssin eri ajankohtina on koottu taulukkoon 18 (kappale 6.3.2). Samassa kappaleessa oppilaiden palautteista saatuja tuloksia on käsitelty yleisesti. Kappaleessa 6.3.3 esitetyissä diskursseista näkyy oppilaiden maailmankuvan tiedostamisprosessia.

Oppilaiden diskursseista näkyy, että fysiikan valinnaiskurssi toteutti oppilaiden kokemuksen pohjalta opetuksen tavoitteita: laajensi maailmankuvaa, kehitti itsetuntemusta ja sosiaalisia taitoja. Huomionarvoista on, että oppilaat pystyvät itseä koskevien tehtävien kautta ilmaisemaan asenteitaan ja arvojaan. Kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen oppisisällöt valinnaiskurssilla on laadittu niin, että ne kiinnostavat oppilasta. Lähestymistapa liittyy oppilaan omaan maailmaan ja on laaja: oppisisällöissä tuodaan esiin erilaisia näkökulmia. Oppilaat saavat ilmaista omia käsityksiä, mielipiteitä, asenteita ja tunteita, mikä auttaa heitä tiedostaan maailmankuvaansa.

8.2 Toimintatutkimuksen luotettavuuden ja pysyvyyden arviointi

Toimintatutkimuksessani tutkin opettajana omaa työtäni. Yleisesti toimintatutkimuksen katsotaan soveltuvan hyvin koulun ja muiden yhteisöjen kehittämiseen. Siinä nähdään ihminen aktiivisena, tietoisena ja vastuullisena yksilönä. (Aaltola & Syrjälä 1999, 15-16.) Toteutin oman opetuksen tutkimukseni vaiheittain seuraavasti: 1) ongelman hahmottuminen (vrt. luvut 4.1-4.2), 2) opetuksen suunnittelu ratkaisun hahmottamiseksi (vrt. luvut 4.3 ja 5; kappaleet 6.2.1-6.2.3), 3) opetuskokeilu (vrt. kappaleet 5.1.2; 6.2.4), 4) ratkaisun arviointi (vrt. luvut 5.3, 6.3, 7, 9) uudistan opetusta ja sen suunnittelua arvioinnin perusteella (vrt. luvut 8.2; 8.4; 9.) (vrt. McNiff 1995, 58). Tutkimuksen pätevyys tarkoittaa tutkimuksen luotettavuutta ja autenttisuutta. Pätevyys liittyy siihen, miten luotettavasti ja loogisesti tutkija on raportoinut tutkimuksen kulun. Tutkimuksen kulkua ja tuloksia olen selostanut luvuissa 4, 5, 6 ja 8.

Toimintatutkimuksen luonne asettaa rajoituksia tutkimuksen luotettavuudelle, joka mitataan sen toistettavuudella ja tulosten yleistettävyydellä. Nämä luotettavuusmittarit eivät sovellu toimintatutkimukseen, koska toimintatutkimus kohdistuu tietyn kohteen tutkimiseen ja juuri siinä ryhmässä tapahtuvan toiminnan kehittämiseen (Suojanen 1992, 46-48). Tutkimustilanne koululuokassa oppilaiden kanssa oli ainutkertainen ja yksilöllinen, joten toistettavuus on tässä mielessä mahdotonta samoissa olosuhteissa (Kiviniemi 2001, 79-82; Heikkinen 2001, 179).

Toimintatutkimukseni tavoitteena oli edistää tietämystäni kasvatustavoitteista, fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteista sekä niiden käytännön toteutuksesta (vrt. McNiff 1995, 86-87; McNiff & Whitehead 2006, 161-162). Tällaista opetusta kutsun kokonaisvaltaiseksi fysiikanopetukseksi. Tutkimuksessani etsin fysiikan opetuksen sisältöjä, jotka toteuttavat näitä tavoitteita. Suunnittelin fysiikan filosofisen valinnaiskurssin opetussuunnitelmien, opetuksen teorioiden, tutkimustiedon sekä oman opettajakokemukseni perusteella (luvut 4.1-4.3; 5.3). Valinnaiskurssilla kokeilin kokonaisvaltaista fysiikanopetusta ja keräsin tietoa oppilaiden kokemuksista. Toimintatutkimuksessa opettajat tulkitsevat intuitiivisesti omaa käytäntöään ja tekevät päätöksiä, jotka parantavat sitä (McNiff 1995, 131-133). Vastauksia

tutkimuskysymyksiini ja perusteluja ratkaisuihini etsin valinnaiskurssi-kokeilustani ja analysoimalla opettajan opetuksensa suunnitteluun tarvitsemaa tietoa.

Valinnaiskurssin aikana tutkija-opettajana havainnoin ja arvioin sen toteutumista pitämällä mm. päiväkirjaa ja videoimalla kurssin. Valinnaiskurssin arvioinnin yhteydessä nousi tarve kerätä lisää opettajan opetuksessa tarvitsemaa tietoa, jonka analysoin ja pelkistin avainsanoiksi (vrt. Carr & Kemmis 1997, 162-163). Sen jälkeen vertasin tätä tietoa fysiikan valinnaiskurssin tavoitteisiin ja sisältöihin. Toimintatutkimuksen keskeinen piirre on reflektointi. Reflektoinnin avulla tulen tietoiseksi opetukseni lähtökohdista, sisällöistä ja tavoitteista ja niiden siirtymisestä käytäntöön. Erityisesti tietoisuuden lisääminen omasta toiminnastani opettajana oli tärkeää toimintatutkimuksessani. Reflektoinnin tuloksena syntyi ehdotuksia siitä, miten fysiikan opetusta pitäisi kehittää. Havainnoimalla tutkimuksen eri vaiheita keräsin tietoa opetuksen analysointia ja reflektointia varten. Kurssin kuluessa päätin sopivan ajankohdan oppilaiden palautteelle. Tutkimuksessa analysointia ja tulosten tulkintaa tapahtui koko prosessin ajan. Lopullisen arvioinnin tein vasta toiminnan loputtua ja opettajan tiedon, tutkimukseni viitekehyksen analysoinnin jälkeen (luku 5.3). Ratkaisuksi tutkimuskysymyksiini sain joukon fysiikan opetuksen sisältöjä, jotka tulivat tiedon analyysistä. Oppilaiden kirjallisten palautteiden analyysi osoitti, että oppilaat kokivat määrittelemieni kasvatustavoitteiden toteutumista fysiikan valinnaiskurssilla. Tutkimuksen kuluessa tulin tietoiseksi, miten kasvatustavoitteiden toteutumista fysiikan tunneilla voidaan arvioida. (vrt. McNiff & Whitehead 2006, 83). Opetuksen toimintatutkimuksen sykli päättyy ongelman ratkaisuun ja uudistuneeseen toimintaan (vrt. McNiff 1995, 58). Tässä tutkimuksessa kehityin itse opettajana, opetukseni kehittyi sekä oppilaiden käsitykset fysiikan luonteesta kehittyivät. Aineistoni on muiden käytettävissä ja kehittyä ja määräytyä erilaiseksi eri oppimisympäristössä.

Toimintatutkimukseen ei välttämättä ole ehdottomia oikeita tai väärä ratkaisuja (vrt. Aaltola ja Syrjälä 1999, 18). Muitakin vaihtoehtoisia ratkaisuja on riippuen tutkijan viitekehyksestä. Omasta viitekehyksestäni olen kirjoittanut luvuissa 4.1-4.3 ja pedagogisen ajatteluni kehittymistä ja tutkimukseni paradigmasta luvuissa 5.3-5.4. Näissä luvuissa selvitän, miten olen päätenyt ratkaisuun, tuon esiin omat arvoni ja arvioin omaa kehitystäni sekä ymmärrykseni muuttumista. (vrt. McNiff 1995, 131-133.) Kasvatusvaikutuksiani oppilaiden oppimiseen olen selittänyt oman toiminnan arvioinnin lisäksi valinnaiskurssin (kappale 6.2.4) ja oman toiminnan kuvauksessa (kappale 6.3.4).

Toimintatutkimuksen aineiston keräämisessä hyvä vuorovaikutus ja luottamus oppilaiden kanssa tekevät mahdolliseksi luotettavien tietojen keräämisen. Kokeneena opettajana käytin oppilaille ymmärrettävää kieltä ja toimin niin, että kaikki oppilaat osallistuivat (vrt. Stringer 2004, 41). Oppilaiden palautteisiin vaikuttaa, että olen rohkaissut heitä esittämään mielipiteitä. Opettaja-tutkijan lähestymistavalla opetuksessa on merkitystä oppilaiden diskursseihin. Korostin fysiikan valinnaiskurssilla opetuksessani erilaisia näkökulmia lähestyä ilmiöitä. Tässä tutkimuksessa pyrin laajentamaan konteksteja, joissa fysiikan kieltä käytetään. Opettajana ja tutkijana avasin omilla kysymyksilläni ilmiötä ja esitin oppilaille kysymyksiä ja jatkotarkennuksia. Valinnaiskurssilla pystyin käyttämään paljon aikaa toisenlaisten näkökulmien esilletuomiseen. Toiminta valinnaiskurssilla näkyy videolta ja opettajan päiväkirjoista, joista on otteita kappaleessa 6.3.4. Videotallennuksesta sain kokonaiskuvan valinnaiskurssista, joka auttoi kurssin arvioinnissa ja kurssin kuvauksissa (kappale 6.2.4). Videosta on kirjattu myös muutamia keskusteluja (luku 7), mutta muuten videoaineistoa ei käytetä tässä tutkimuksessa.

Tutkimuksessani tulin tietoiseksi, miten arvokasvatus tapahtuu. McNiff (1995) mukaan arvojen ja asenteiden opettamisen taidon kehittyminen on persoonallinen prosessi, joka kehittyy kun opettaja suhtautuu tietoisesti ja kriittisesti kokemuksiinsa (McNiff 1995, 48). Kriittisen toimintatutkimuksen arvoanalyysi edellyttää tutkijan itsekriittisyyttä ja opetussuunnitelman arvojen tarkastelua. (Kincheloe 2003, 213.) Kriittinen tutkimus osoittaa, että vaikka tutkimuksessa saatu tieto on arvosidonnainen, se auttaa opetuksen kehittämisessä. (Kincheloe 2003, 151.) Toimintatutkimuksessa korostuu opettaja-tutkijan asema aktiivisena tulkinnan tekijänä. Tutkija on yhtä aikaa tulkitsija ja myös tutkittavasta kohteesta käytävään keskusteluun osallistuja. Opettajana suunnittelin ja toteutin opetusta, samoin kuin myös tutkin ja tulkitsin sitä. Vaikka valmiit jäsennykset pyritään analyysivaiheessa sulkemaan pois, tutkija työskentelee esiymmärryksensä ja tietynlaisen etukäteisorientaation varassa (Jokinen & Juhila 1999, 85-87). Tutkimusta tehdessäni olin tietoinen, että kohdistin sen opetussuunnitelmassa mainittuihin opetuksen tavoitteisiin. Opetussuunnitelma voidaan nähdä toiminnan tutkimuksen hypoteesina, kuinka välittää opetussuunnitelman sisältö oppijoille. Täten opetuksen parantamisesta tulee myös opetussuunnitelman kehittämistä. (Elliot 1991, 54.) Tutkija-opettajana olin etäisyyttä ottava, mutta en kuitenkaan ollut ulkopuolinen tarkkailija.

Toimintatutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa on tärkeää ottaa huomioon, onko toiminnan ja tutkimuksen avulla hankittu sellaisia taitoja ja valmiuksia, jotka tulevaisuudessa auttavat käsittelemään tutkimuksen kohteena olevia tilanteita. Luotettavuutta arvioitaessa on tärkeä havainnoida, onko tutkimuksella onnistuttu muuttamaan ja kehittämään toimintamalleja ja toimijoita. (Suojanen 1992, 48.) Sellaisen tutkimuksen soveltamiseen, jossa opettaja kehittää omaa työtään, vaikuttaa tutkimuksen merkittävyys, se, miten opettaja itse on oppinut ja mitä vaikutuksia sillä on työpaikalle ja yhteisölle. Tutkimustuloksilla on vaikuttavuutta vain, jos muut soveltavat tuloksia. He voivat olla kollegoita, oppilaiden vanhempia, tutkijoita, jotka voivat antaa perusteltua kritiikkiä. (McNiff 1995, 133-135.) Kouluni kollegat käyttivät opetussuunnitelmasta tekemääni analyysiä ja siitä tekemiäni sisällöllisiä johtopäätöksiä, kun työstimme koulumme opetussuunnitelmaa lukuvuonna 2004-2005. Tämä vaikutus on nähtävissä koulumme opetussuunnitelman aihekokonaisuuksissa ja työstämisprosessi näkyy kokousten pöytäkirjoissa. Painotimme opetuksessa eheyttävänä teemana lukuvuonna 2004-2005, Ihmisenä kasvamisen -aihekokonaisuutta, jonka pohjalta järjestettiin teemapäivä: ”Tunne ihminen”. Työskentelin tässä projektissa ja sovelsin tutkimustuloksiani. Oma fysiikan perusopetukseni on muuttunut tutkimukseni tulosten osoittamaan suuntaan, mikä näkyy tuntisuunnitelmistani, käytän esimerkiksi aikaa havaintojen tekemisen opettamiseen (luku 9.2). Perusopetukseen ottamani aineiston avulla pystyn toteuttamaan opetussuunnitelman kasvatustavoitteita paremmin kuin aikaisemmin fysiikan oppisisältöjen kautta. Lisäksi olen pitänyt koulussa fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaaliin perustuvaa väittelykerhoa vuodesta 2007 lähtien. Kerho alkoi oppilaiden pyynnöstä. He kertoivat kiinnostuksestaan keskustella ja väitellä filosofisista aiheista. Väittelykerhossa tuon aina esiin myös luonnontieteellisen näkökulman.

Tutkimuksellani on merkitystä fysiikan opetukselle keskustelussa arvokysymyksistä ja fysiikan opetuksen tavoitteista. Fysiikan opetussuunnitelmassa (Anon.1999a; Anon.2004) ei ole osoitettu, minkä fysiikan sisältöjen kautta arvo- ja asennetavoitteet toteutuvat ja mitä tarkoittaa nykyaikainen maailmankuva. Tutkimuksessani osoitan muutamia aiheita, joiden kautta näitä tavoitteita voidaan toteuttaa fysiikan opetuksessa. Lisäksi laatimani käsitekartat voivat toimia opettajan työn välineenä hänen suunnitellessaan opetustaan.

8.3 Sisällönanalyysin luotettavuuden ja pysyvyyden arviointi

Sisällönanalyysin luotettavuus vaatimuksiin löytyy eri määritelmiä. Sisällönanalyysissä on kysymys tutkimusaineiston tulkinnasta, mikä tarkoittaa, että aineistolle annetaan merkityksiä tutkimusasetelman ohjaamana. Tulkinnan pätevyyttä ja kattavuusalueen laajuutta arvioitaessa tarkastellaan sen koeteltavuutta. Koeteltavuus kattaa aineistoanalyysin uskottavuuteen liittyvät perusteluvaatimukset, mikä merkitsee, että tulkinta on selkeästi perusteltu. Toinen koeteltavuuteen liittyvä perusteluvaatimus on riittävän aineistomäärän esittäminen ja kolmas vaatimus on tulkinnan suhteuttaminen mahdollisiin vaihtoehtoihin tulkintoihin. Tulkinnan ulkoinen koeteltavuus käsittää tulkinnan kattavuusalueeseen liittyvät perusteluvaatimukset. (Heiskala 1990, 244-245.)

Mäkelän (1990) mukaan aineiston analyysissä tulee kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin: aineiston merkittävyys, riittävyys, analyysin kattavuus, analyysin arvioitavuus ja toistettavuus. Aineiston merkittävyys tarkoittaa, että tutkija pitää sitä analysoimisen arvoisena. Jos on kyseessä tutkittavan ilmaisu, puheen autenttisuus ja totuudenmukaisuus pitää käsitellä, koska diskurssi on tilannesidonnainen. Aineiston riittävyys merkitsee, että uudet tapaukset eivät tuo uutta tietoa. Analyysin arvioitavuus tarkoittaa, että lukija kykenee seuraamaan tutkijan päättelyä ja hänelle annetaan edellytykset hyväksyä tutkijan tulkinnat. Analyysin toistettavuus tarkoittaa, että luokittelu- ja tulkintasäännöt on esitetty niin selvästi, että toinen tutkija niitä soveltamalla pääsee samoihin tuloksiin. (Mäkelä 1990, 47-53.) Laadullisen tutkimuksen toistettavuus merkitsee, että on perustellut miten on päätelty ja että tieto on totta. Tähän liittyy oma ymmärrys, joka on sidoksissa kulttuuriin. (Metsämuuronen 2006b, 127-128.)

Tekstin analyysi

Tutkimuksessani tein sisällönanalyysin viitekehyksestäni, opettajan opetuksensa suunnitteluun tarvitsemasta tiedosta (luvut 2.3-2.7 ja 3). Aineisto oli laaja ja sisälsi kattavasti kaiken tiedon, mitä opettaja tarvitsee opetuksensa suunnitteluun (Shulman 1986). Aineiston laajuuden takia luokittelin aineiston aiheittain, taulukoin ja pelkistin analyysiyksiköiksi, avainsanoiksi, jotka nousivat aineistosta. Aineiston analyysissä on kyse keksimisen logiikasta, jota ei voi opetella. Tutkija löytää aineistosta teemoja oman ymmärryksensä avulla. Tutkijan pitää saada lukija luottamaan siihen, että hänen tutkimuksensa on uskottava. Yleisesti voidaan todeta, ettei ole olemassa sellaista tieteellistä metodologiaa, joka takaisi totuuden etsinnän menestyksen. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 101-102.)

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden yhteydessä nousee kysymys tiedon objektiivisuudesta, joka on tietoteoreettinen eli episteeminen kysymys (Tuomi & Sarajärvi 2002, 131). Oletus on, ettei ole olemassa neutraalia laadullista tutkimusta, joka tuottaisi objektiivisia tutkimustuloksia (Tuomi & Sarajärvi 2002, 148). Kyngäs ja Vanhanen (1999) perustelevat, miksi sisällönanalyysiä voidaan pitää objektiivisena tapana analysoida dokumentteja, kuten artikkeleita ja raportteja. Heidän aineistonsa koski hoitodokumentteja, joista he luokittelivat kaiken tekstin.

Olen esittänyt analyysivaiheeni tutkimuksessani. Luvussa 6 ja liitteissä (LIITTEET 3,4,5,6) on taulukoita, joissa näkyy miten olen pelkistänyt keskeiseksi valitsemani asiat avainsanoiksi ja piirtänyt niistä edelleen käsitkartan. Opetussuunnitelman analysoin kokonaan eri vaiheissa: koulun kasvatustavoitteet (kappale 6.1.2), aihekokonaisuudet (kappale 6.1.3) ja fysiikan opetussuunnitelman (kappale 6.1.4). Tutkimuskysymykseni koskivat fysiikan opetuksen arvo-

ja asennetavoitteita (kappale 2.6.1), joten käsittelemästäni aineistosta tuon esiin tässä tutkimusraportissa vain niitä koskevat osiot. Tulkintaa ei näissä tapauksissa tapahtunut tekstien valintavaiheessa vaan ainoastaan pelkistysvaiheessa. Aineiston pelkistys avainsanoiksi on näkyvissä. Tämän perusteella tulostani, että fysiikan asenne- ja arvotavoitteet eivät näy opetussuunnitelman sisältölauseissa, voidaan pitää objektiivisena (kappale 6.1.4). Samoin tulostani, että koulun kasvatustavoitteet voidaan jakaa itsetuntemuksen kehittymiseen ja sosiaalisiin tavoitteisiin voidaan pitää objektiivisena siten, kuin olen käsitteet määritellyt (luku 2.3, kappale 6.1.2).

Kun etsin aineistoa siitä, miten itsetuntemus ja sosiaaliset taidot voidaan ottaa huomioon fysiikan opetuksessa, valitsin tutkimuskysymysteni kannalta sopivaa aineistoa opetuksen tutkimuksista ja didaktiikasta sekä mahdollisuuksien mukaan fysiikan didaktiikasta kokemukseni pohjalta (luvut 4.1- 4.3, 5.3 ja 5.4). Samalla tavoilla tein valintaa muun opettajan tiedon kuten oppimiskäsityksen, motivaation ja kiinnostavuuden, fysiikan luonteen ja fysiikan opetuksen tutkimuksen kohdalla (didaktiikka). Pyrin tarkastelemaan ajankohtaista aineistoa ja tarkastelin paljon tutkimuksia, jotka ovat julkaistu tutkimusraportin kirjoittamisprosessin aikana (2001-2008). Opettajan tiedon (kappaleet 6.1.6-6.1.7) analyysini muun kuin opetussuunnitelman (kappaleet 6.1.1-6.1.5) objektiivisuus riippuu siitä, miten hyvin tulkintani aineiston luokittelusta ovat näkyvissä. Aineiston laajuuden vuoksi myös pelkistysvaiheeseen ja edelleen käsitekarttojen tekemiseen liittyy tutkijan tulkintaa (luku 6: Kuviot 2-8). Pelkistysprosessini on näkyvissä tekstistä (luku 6.1 ja luku 3.4)), ja liitteistä löytyvät taulukot, joissa näkyvät käyttämäni lähteet.

Tulosteni luotettavuuteen vaikuttavat ne tiedon lähteet, joita olen käyttänyt käsitekarttoja luodessani. Tästä tiedosta osa on didaktiikan alaan kuuluvia määritelmiä ja osa tutkimustietoa. Luku 3, fysiikan opetus ja opetuksen tutkimus, perustuu pääosin fysiikan opetuksesta tehtyjen tutkimusten tarkasteluun, tästä tiedosta piirsin käsitekartan (Kuvio 8; luku 6.1.7). Samoin luku 2.5 Motivaatio ja kiinnostavuus (Kuvio 6) on tutkimustietoa. Käsitekartta maailmankuvasta (Kuvio 5) perustuu pitkälti määritelmiin. Käsitekarttoissa fysiikan luonteesta (Kuvio 4), kasvatustavoitteista (Kuvio 2) ja oppimiskäsityksistä (Kuvio 7) on määritelmien lisäksi tutkimustietoa. Toisaalta didaktiset määritelmät ovat tutkimuksen tulosta. Tulokseni pystyn perustelemaan myös tutkimustiedon perusteella (Kuvio 8, Kuvio 6), kun otan huomioon pohdinnoissa käyttämäni lähteet (luku 9). Käsitekarttojen vertailulla on merkitystä sille, mitä vaatimuksia ”määritelmät” tai määrittelemättömät tavoitteet, kuten Aihekokonaisuudet (Kuvio 3), antavat fysiikan opetukselle ja miten niihin löytyy tutkimustietoa toteuttamistavoista. Edellisen tarkastelun pohjalta voin pitää lähdeaineistoani riittävän luotettavana tutkimukseni kannalta.

Käsitekartat

Tekstin analyysini liittyy käsitekarttamenetelmään, joita käytettäessä on kiinnitettävä huomiota luotettavuus- ja pätevyysongelmiin. Käsitekartat ovat tekijänsä tulkintoja, joten tietystä aihepiiristä ei ole yhtä ainoata oikeaa käsitekarttaa, vaan jokainen henkilö laatii kartan oman käsityksensä pohjalta. (Novak & Gowin 1995, 92-93.) Pätevyysongelma on kuitenkin suhteellisen selkeä, koska on ilmeistä, että konstruktivisen oppimisen perustavat piirteet tulevat esiin hyvin rakennetuissa käsitekarttoissa. Pätevän arvioijan on suhteellisen helppo nähdä, ovatko kartassa olevat käsitteiden väliset linkit päteviä, ja arvioida, ovatko ylä- ja alakäsitteet järkeviä ja mielekkäitä. (Novak 2002, 244.)

Tulosten esittämisvaiheessa (kappale 6.1.8 ja luku 8.1) katsoin riittäväksi tarkastella käsitekarttojen tietoa pääpiirteittäin. Käsitekarttojen vertailussa löysin neljä pääpiirrettä kokonaisvaltaisesta fysiikanopetuksesta: ihmiskeskeisyys opetuksen lähtökohtana, vuorovaikutus, tietoon ja tieteeseen liittyvät kysymykset ja laajat näkökulmat aiheisiin. Nämä piirteet näkyvät käsitekarttojen muodoissa väreissä, jotka muodostuivat, kun luokittelin käsitteitä. Tulos osoittaa aineiston riittävyyden, sillä kaikissa käsitekartoissa on näkyvissä sama luokitus. Opettajan tieto siitä, että opetus toteuttaa kaikkia kasvatustavoitteita, pelkistyi neljäksi aiheeksi, jotka esiintyivät jo fysiikan filosofisen valinnaiskurssin sisällöissä (kappale 6.2.2). Tutkimuskysymysteni luonteen vuoksi katsoin riittäväksi vastata niihin antamalla yleislinjoja kokonaisvaltaisesta fysiikanopetuksesta. Tarpeen mukaan käsitekarttoja voi käsitellä yksityiskohtaisemmin, kuten olen tehnyt, kun käsittelin valinnaiskurssin sisältöjä (kappale 6.2.2). Käsitekarttoja voi käyttää opettajan työkaluna opetuksen suunnittelussa.

Tutkimuskysymyksiini, jotka käsittelevät kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen osa-alueita, kuten kasvatustavoitteiden toteutumista (kappale 6.1.2, Kuvio 2), ei voi antaa yksiselitteistä vastausta pelkästään käsitekarttaa tarkastelemalla, koska itsetuntemuksen ja sosiaalisten taitojen opettamista ei voi irrottaa erilliseksi aiheeksi. Kaikkeen opetukseen liittyvät ainakin kiinnostuksen herättäminen (kappale 6.1.7, Kuvio 6) ja oppimiskäsitys (kappale 6.1.7, Kuvio 7). Kokonaisvaltaisessa fysiikanopetuksessa otetaan huomioon kaikki menestykselliseen opetukseen liittyvät tekijät. Fysiikan opetuksen aiheet, jotka tukevat kokonaisvaltaista fysiikanopetusta, ovat helposti johdettavissa laatimistani käsitekartoista; myös kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen kokeilu,

fysiikan valinnaiskurssin sisällöt tukevat näitä aiheita (kappale 6.2.2). Etsin nimenomaan fysiikan opetukseen yleisiä aiheita, joiden opetuksessa arvo- ja asennetavoitteet toteutuvat. En etsinyt erityisiä aiheita, kuten teknologia- ja ympäristökasvatusta. Muutkin aiheet kuin löytämäni voivat toteuttaa fysiikanopetusta, jossa koulun kasvatustavoitteet ja fysiikan opetuksen arvo- sekä asennetavoitteet toteutuvat.

Opettajan tiedon sisällönanalyysi ja edelleen käsitekarttojen piirtäminen osoittivat minulle aiheet, joita voin käsitellä tarkemmin. Kappaleessa 6.2.2 ja luvussa 7 tarkastelen käsitekarttojen pohjalta saamiani aiheita uudestaan sen teorian kannalta, joista ne sain. Sisällönanalyysi on keskeneräinen, jos aineiston luokittelu esitetään tuloksena eikä tehdä johtopäätöksiä (Tuomi & Sarajärvi 2002, 105). Omassa tutkimuksessani tein johtopäätöksiä aineistoanalyysin tuloksena saamistani käsitekartoista. Määrittelin niiden perusteella, mitä tietoa opettaja tarvitsee kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen toteuttamiseen (kappale 6.1.7), ja edelleen etsin fysiikan opetuksen sisältöjä ja menetelmiä, jotka toteuttavat näitä tavoitteita (luku 6.2).

Oppilaiden palautteiden analyysi

Analysoin oppilaiden palautteet rauhassa kunnioittaen erilaisia mielipiteitä. Toistin ja tarkensin analyysiä tutkimuksen edistyessä pitkän ajan päästä ensimmäisestä analyysistä, jolloin pystyin tekemään sen objektiivisemmin. (vrt. McNiff & Whitehead 2006, 99.) Ensin analysoin palautteet heti kurssin jälkeen saadakseni yleiskuvan oppilaiden diskursseista, sitten uudestaan, kun tutkimuskysymykseni täsmentyivät (kappale 5.1.2) ja perehdyin uuteen tutkimustietoon. Kaikki oppilaiden diskurssit ja niiden luokittelu ovat näkyvissä (LIITE 9). Analyysin perusteella oppilaiden diskurssit jakaantuivat analyysiyksiköihin, jotka vastaavat valinnaiskurssin tavoitteita (kappale 6.1.1, taulukko 15 ja kappale 6.3.1, taulukko 17).

Oppilaiden palautteiden analyysissä (kappale 6.3.2) pyrin ottaman huomioon tutkittavana olevan puheen tilannesidonnaisuuden. Oppilaan puhe on aina puhetta tietyssä tilanteessa (vrt. Alasuutari 1994). Esimerkiksi kun oppilaat ilmaisevat pitämistään, se voi koskea yksityistä tapahtumaa tai koko kurssia. Taustatietoa oppilaiden palautteen analyysille antoivat opettajan päiväkirja ja kurssin videoinnista kirjatut keskustelut. Tutkimusaineistoni koostui pääasiassa 12 oppilaan kirjallisista ilmaisuista. Yksittäisen pienen aineiston analyysi ei kerro fysiikan opettamisen yleistettävyydestä. Se voi kuitenkin kertoa havainnollisesti siitä, mikä on opetuksessa mahdollista. Tässä tutkimuksessa luokittelin oppilaiden diskurssit niiden sisällön mukaan ja laskin yhteen diskurssien määriä. Vertasin vain vähän saman oppilaan diskurssien merkityksiä ja kehitystä.

Kvalitatiivinen tutkimusotteeni haastaa minua tekemään perusteltuja tulkintoja aineistosta, joka on periaatteessa avoin monille tulkinnoille. Sisällönanalyysissä tulkintojen perusteltavuutta ei ole mahdollista todentaa muulla tavoin kuin käsittelemällä aineistoa riittävän tiiviisti. Tärkein osa työskentelyä onkin tulkintojen kehittäminen.

8.4 Tutkimusprosessin luotettavuuden arviointia

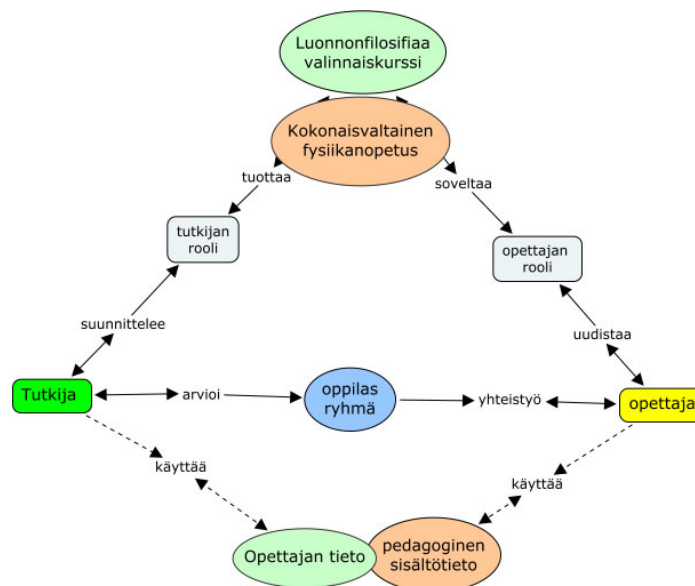
Laadullisen tutkimuksen luotettavuudella pyritään saamaan selville, etteivät tutkimustulokset ole satunnaisten asioiden seurausta. Tutkittavan ilmiön pitää vastata tutkimusmenetelmää. (Virtanen 2006, 200). Tutkin opettajana omaa opetustani, jota halusin kehittää, joten toimintatutkimus on hyvä viitekehys tutkimukselle. Tutkin, miten kasvatustavoitteet, arvo- ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentuminen toteutuvat fysiikan opetuksessa. Tätä varten analysoin fysiikan opettajan suunniteluunsa tarvitsemaa tietoa käyttäen sisällönanalyysiä ja löysin sieltä vastauksia kokonaisvaltaiselle fysiikanopetukselle. Samalla määrittelin, mitä kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältää. Opetuskokeilu tapahtui valinnaisella fysiikan kurssilla, jonka tavoitteet vastasivat kokonaisvaltaista fysiikanopetusta. Oppilaiden palautteiden analyysiin käytin myös sisällönanalyysiä.

Näillä menetelmillä tutkimuksessa on vastattu tutkimuskysymyksiin ja saatu uusia näkökulmia fysiikan opetukseen, aineistoa kasvatustavoitteiden, fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteiden toteuttamiseen ja nykyaikaisen maailmankuvan rakentamiseen. Nämä tulokset palautuvat sisällönanalyysin ja siitä tehtävien johtopäätösten luotettavuuteen (luku 8.3). Tuloksia voin pitää perusteltuna näkökulmana tutkimuskysymykseen. Lisäksi empiirinen tutkimus, oppilaiden palautteiden sisällönanalyysi, vahvistaa, että näiden aiheiden kautta oppilaat kokevat saaneensa aineksia maailmankuvansa rakentamiseen vuorovaikutteissa ympäristössään. Toimintatutkimuksessa, jossa opettaja on oman työnsä tutkijana, tarkastellaan myös opettajan itsearvioinnin merkitystä tiedonhankintaprosessiin ja tuloksiin. Ympäristökasvatuksen tutkimuksessa on tietoa arvo- ja asennetavoitteiden toteuttamistavoista. Pohdinnoissa (kappale 9.1.1) vertaan tuloksiani ympäristökasvatuksessa saatuihin kokemuksiin.

Tutkimukseni, sekä toimintatutkimus että sisällönanalyysi ovat kvalitatiivista tutkimusta, joiden luotettavuutta olen tarkastellut edellä. Lincolnin ja Cuban (1985) mukaan kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuus koostuu totuusarvosta, sovellettavuudesta, pysyvyydestä ja neutraaliudesta. Totuusarvon kriteeri on vastaavuus, mutta puhutaan myös uskottavuudesta. Sovellettavuuden kriteerinä pidetään siirrettävyyttä, josta ei ole mielekästä puhua, kun on kysymys yksilön kokemuksista. Pysyvyyden kriteerinä on pidetty

tutkimustilanteen arviointia sitä, miten analyysiä on mahdollista käyttää erilaisissa tutkimustilanteissa. Neutraalisuuden kriteerinä on vahvistettavuus: Onko mahdollista päästä samaan tulokseen erilaisilla analyysikeinoilla? (Lincoln & Cuba 1985, 290-301.)

Tutkimuksen luotettavuuden perusteeksi lukijalle pitää antaa mahdollisimman tarkka kuva tutkimuksen etenemisestä ja päättelyprosesseista, jotka ovat johtaneet raportoituihin tuloksiin. Tutkijan intuitio pitää asettaa tulkinnoissa sekä tutkijan itsensä että lukijan nähtäväksi. (Mäkelä 1990, 59.) Tutkijana olen kertonut aineiston kokoamisesta sen luotettavuuden kriteerinä. Tällöin tutkimusprosessini (luku 4.5, luku 5, luku 6) tulee selkeämmäksi ja ymmärrettäväksi lukijoille. Tutkijana pyrin antamaan lukijoille riittävästi tietoa siitä, miten tutkimus on tehty, jotta he voivat arvioida tutkimuksen tuloksia. Oppilaiden palautteiden, diskurssien ja tekstiaineiston kuvaamisessa olen pyrkinyt siihen, että se näyttäytyisi lukijalle mahdollisimman todenmukaisina. Olen käyttänyt runsaasti lainauksia analyysin tukena sekä taulukoinut osan aineistosta empiiristen osioiden yhteyteen.



Kuvio 9. Oma tutkimusprosessini

Tutkimusprosessiani voidaan kuvata myös tutkijan, oppilaan ja opettajan vuorovaikutuksena. Olen kuvannut prosessiani kuviossa 9 mukaillen ja soveltaen Design-tutkimuksen kulkua. Tässä mallissa korostuu opettajan ja oppilaan vuorovaikutus, jota tarkastelen pohdinnoissa (kappale 9.1.3) ja opettajan oman opetuksen reflektointi. Design-kolmio kuvaa tuotteen syntyprosessia opettajan, tutkijan ja suunnitellun tuotoksen vuorovaikutuksessa (Juuti 2005, 11). Tuote on tutkimuksessani fysiikan valinnaiskurssi ja myös kokonaisvaltainen fysiikanopetus. Olen lisännyt ”suunnittelu-kolmioon” opettajan tiedon ja pedagogisen sisältötiedon suunnittelun lähtökohdaksi. Pedagoginen sisältötieto on opettajan tietoa, jota hän käyttää ainetiedon siirtämiseen oppilaille. Tämä tieto voi olla osittain tiedostamatonta, ja sitä voitaisiin kutsua hiljaiseksi tiedoksi. Hiljainen tieto on luonteeltaan käytännön kautta opittava ja kehittyvä taito, jota käytetään tieteellisen tiedon luonnin prosessissa. Onnistunut toiminta merkitsee hiljaisen tiedon toimivuutta. (Kiikeri & Ylikoski 2004, 43-44.) Opettajan hyvät,

toimivat opetuskäytännöt rakentuvat kokemukselliselle tiedolle. Tämä tieto on usein henkilökohtaista ja tilannesidonnaista, ja suuri osa siitä on piilevää. (Kosunen & Huusko 2002, 205-206.) Yleensä opettajan on vaikea perustella opetuksensa tarkoitusta ja merkityksiä (Shulman 1987).

Suunnittelutuote tutkimuksessani on fysiikan valinnaiskurssi Luonnonfilosofiaa, joka syntyi opettajan tarpeesta uudistaa opetustaan. Opettaja haluaa toteuttaa opetussuunnitelman kaikki tavoitteet ja soveltaa niitä hiljaisen tietonsa avulla fysiikan oppiaineeseen. Hän ottaa tietoja omasta ammattitiedostaan, fysiikan tutkimuksesta, filosofian kirjallisuudesta sekä käytännön tiedostaan ja hän kehittää fysiikan valinnaiskurssin käsikirjoituksen, joka laajentaa fysiikan perinteistä oppiainesta. Valinnaiskurssilla opettaja toimii myös tutkijana ja kerää oppilailta palautetta ja reflektoi itseään päiväkirjoissa. Valinnaiskurssi tuottaa materiaalia, oppilaiden palautteita, jotka tutkija analysoi vastatakseen tutkimuskysymykseen 3: Miten oppilaat kokevat kurssin (luku 6.4)? Valinnaiskurssin jälkeen tutkija analysoi opettajan suunniteluunsa tarvitsemaa tietoa ja löytää keskeiset tavoitteet, sisällöt ja menetelmät, joita tarvitaan opetussuunnitelman mukaisen kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen toteuttamiseen (luku 6.1). Kokonaisvaltainen fysiikanopetus muodostuu toiseksi tuotteeksi. Edelleen tutkija vertaa näitä sisältöjä fysiikan valinnaiskurssin käsikirjoitukseen (luku 6.2) ja huomaa niiden vastaavan toisiaan. Sitten tutkija arvioi, miten valinnaiskurssin sisällöt vastaavat muita tutkimuksia (luku 7) ja hahmottelee kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen lisämateriaalia. Lopuksi tutkija pohtii valinnaiskurssin pohjalta saatujen tulosten merkitystä fysiikan opetukselle ja tutkimukselle (luku 9).

Tutkimusraportin kirjoittamisen aikana tutkija kävi läpi tutkimusprosessin syklin useasti. Kun tutkijan ymmärrys lisääntyi tulkitessa ja arvioidessa opettajan tietoa ja tutkimustuloksia, hän tarkasteli tutkimusta muuttuneesta näkökulmasta ja arvioi uudestaan tuloksia. Tämä prosessi vastaa Shulmanin (1987) käsitystä opettajan pedagogisen selittämisen (*reasoning*) syklistä, jossa on seuraavat vaiheet: ymmärrys, muutos, käytäntö, arviointi ja reflektio (Shulman 1987). Reflektio voidaan käsittää tutkivana vuoropuheluna itsen ja ympäristön välillä, jolloin teorian tieto ja kokemustieto ovat aina läsnä samanaikaisesti (Ojanen 2000, 71-75). Tässä tutkimusprosessissa, kysymysten asettelun, teoriatarkastelun, itsereflektion ja palautteiden avulla, yhä enemmän opettajan tiedostamatonta hiljaista tietoa muuttui tiedostetuksi pedagogiseksi sisältötiedoksi.

9 Tulosten pohdintaa ja johtopäätöksiä

Tässä luvussa pohdin tuloksia, joita olen saanut opettajan tiedon analyysistä ja opetuskokeilustani ja vertaan niitä muihin tutkimuksiin. Kerron myös kokemuksistani, miten olen siirtänyt valinnaiskurssin aineksia perusopetukseen ja jatkotutkimustarpeesta, joka nousee kurssin pohjalta.

9.1 Fysiikan opetuksen sisältöjen ja opetusmenetelmien kehittäminen

Tarkastelen tässä luvussa aiheita, jotka fysiikan valinnaiskurssilla nousivat tärkeiksi kehittämään fysiikan opetusta siihen suuntaan, että opetuksessa huomioidaan koulun kasvatustavoitteet ja fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet sekä maailmankuvan rakentuminen. Ensin tarkastelen arvokasvatusta, sitten kasvatustavoitteiden toteutumista yleensä. Lopuksi tarkastelen aiheita ja menetelmiä, jotka auttavat edellä mainittujen tavoitteiden toteutumista.

9.1.1 Arvokasvatus

Tutkimuskysymykseni koskivat fysiikan opetuksen sisältöjä, joiden kautta opettaja voi tietoisesti opettaa arvoja, asenteita, kasvatustavoitteita ja maailmankatsomusta. Etsin vastauksia tutkimuskysymyksiini fysiikan opettajan opetuksensa suunnitteluun tarvitsemasta tiedosta (luku 2.2). Löysin tästä tiedosta vastauksia, joiden mukaan kehitin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen käsitteen. Tämän käsitteen muodostamisessa en tarkastellut erikseen arvokasvatusta muuten kuin määrittelemällä, mitä tarkoittavat arvot (luku 1.1). Tätä määritelmää käytin myös, kun vertasin oppilaiden palautteista muodostunutta analyysiyyksikköä kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen tavoitteisiin (kappale 6.3.1). Kun tarkastelin kokonaisvaltaisen fysiikanopetuksen sisältöjä (kappale 6.2.2) sen teorian pohjalta, jota olin käyttänyt käsitteen muodostamiseen, tulin tulokseen, että kaikki aiheet sisältävät arvotavoitteita. Analysoimani aineisto, opetussuunnitelma, opetuksen tutkimus ja didaktiikka pitivät sisällään tietoja arvojen, itsetuntemuksen, sosiaalisten taitojen ja maailmankuvan rakentamisen kasvatuksesta. Näitä tietoja vertasin fysiikan opetuksen sisältöihin ja löysin aiheita, joiden kautta kasvatustavoitteet voidaan toteuttaa fysiikan opinnoissa.

Fysiikan opetussuunnitelmassa mainitut fysiikan sisällöt yksin eivät riitä toteuttamaan kaikkia fysiikan opetuksen tavoitteita. Tämä vahvistaa Hakkaraisen (2002) väitteen, että opetuksen arvo- ja asennetavoitteet eivät voi toteutua aineenopetuksen sisältöjen kautta. Hakkarainen (2002) kritisoi opetussuunnitelmaa siitä, että arvotavoitteet ovat erillään sisällöissä, ne eivät toteudu sisältöjen kautta. Hakkaraisen (2002) mukaan arvojen pitää tulla koulujen arkeen siten, että ne näkyvät koulujen vuorovaikutussuhteissa.

Persoonallisuuden kehityksen edistäminen edellyttää opettajalta riittävää oppilastuntemusta ja ammattitaitoista kehityksen tuntemista (Kansanen 2004, 42). Fysiikan valinnaiskurssilla kehitin kokeiluaineiston, joka lähestyy fysiikan ilmiöitä laajasti ja oppilaiden arkielämästä käsin. Oppilaiden oli helpompi puhua tutuista asioista, mikä loi hyvän luottamuksellisen ilmapiirin. Kehitin fysiikan opetukseen sisältöjä, joissa huomioidaan kasvatustavoitteet. Havaitseminen, vuorovaikutus ja tieteen kriteerit ovat aiheita, joissa oppilaan itsetuntemus, vuorovaikutustaidot kehittyvät ja maailmankuva rakentuu. Kehittyneeseen opettajan pedagogiseen sisältötietoon liittyvät asioiden käsittely monipuolisesti sekä kasvatuksen että

tieteen kannalta. Magnussonin, Krajcikin ja Borkon (1999) mukaan käsitteellinen ymmärtäminen, kasvatusteemat, tieteen luonne ja tutkimukset sekä käytännöllinen selittäminen ovat tärkeitä luonnontieteiden opetuksessa laajentamaan näkökulmia (Magnusson, Krajcik & Borko 1999). Opettajan pedagogista sisältötietoa koskevan tutkimuksen mukaan kokenut opettaja luontaisesti osaa yhdistää kasvatusteemat tietoon, kun hän käsittelee sitä monipuolisesti. Tämä näkemys ei vastaa Hakkaraisen (2002) näkemystä. Oman opetuskokeiluni suunnittelu perustui osittain kokemukseeni, jota pystyin perustelemaan ja josta tulin tietoiseksi tutkimusprosessin aikana (luku 8.4).

Niin sanottua eettistä kasvatusta tapahtuu koko ajan monin eri tavoin opettajan ja oppilaan vuorovaikutuksessa. Eettinen kasvatusta voi olla arvojen ja normien siirtämistä, oppilaiden oman pohdinnan tukemista tai ihmisen luontaisen kasvatusprosessin tukemista (Kallio 2005, 16-18). Eettinen kasvatusta on tietyn ihmisihanteen suunnassa etenemistä. Ihmiskäsitys on asenne, joka koskee ihmistä yleensä (Kallio 2005, 13-14). Koulukasvatuksessa ihmiskäsitys on löydettävissä opetussuunnitelmassa, ja opettajan tulee sitoutua siihen voidakseen toteuttaa arvokasvatusta. Opetussuunnitelmissa tieto liittyy arvoihin, tavoitteisiin ja sosiaaliseen maailmaamme. Kriittinen konstruktivistinen epistemologia näkee, että arvot ja faktatieto eivät ole erillisiä ja että olennaista on tietoisuus arvoista. (Kincheloe 2003, 206-207.) Esimerkiksi opettaja, jolla on konstruktivisia episteemisiä uskomuksia, huomioi oppilaiden erilaiset käsitykset aiheesta ja saa ne esille. Kun opettajalla on selvillä aiheen opetuksen päämäärä, esim. tietoisuuden herättäminen ympäristöasioista, hänen pedagoginen sisältötietonsa on rikas. Hashwehin (2005) mukaan opettaja, joka uskoo, että oppiminen on aktiivinen tapahtuma, kannustaa oppilaita ilmaisemaan ideoitaan. Samoin opettaja voi tuoda tieteen näkemyksen eri tilanteisiin näyttääkseen oppilaille vaihtoehtoisen näkökulman. Kansanen (2004) mukaan tiettyjen oikeiksi katsottujen arvojen mukaan toimiminen nähdään velvollisuutena. Toimintaa ja tekoja arvioidaan sen mukaan, mitä seurauksia niillä on. Arvot ovat subjektiivisia ihmisen ajattelun ja toiminnan tuloksia. (Kansanen 2004, 49-50.)

Edellisen mukaan arvot liittyvät kaikkeen tietoon, opetussuunnitelmaan ja opetustapahtumaan. Koska olen ottanut tutkimuksessani ne esille laajasti, olen saanut tuloksia myös arvokasvatuksesta.

Arvojen tuomisesta opetukseen on konkreettisia esimerkkejä ympäristökasvatuksessa, jonka tavoitteet muistuttavat fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteita. Ympäristökasvatuksen tavoitteena on mm. ympäristöherkkyys, ympäristöystävälliset asenteet ja arvot. Ympäristöherkkyydellä tarkoitetaan ihmisen kokemusten ja aistihavaintojen pohjalta luotua tunnepitoista suhdetta ympäristön kanssa. Ympäristökasvatuksen tavoitteena on mielekäs tieto ympäristöstä, sosiaaliset taidot, kriittinen reflektio, ongelmanratkaisukyky ja ympäristövastuulliset teot. (Wahlström 1997, 1-7.) Arvokasvatuksessa emootiot ja intuitio nähdään yhtä tärkeänä kuin looginen ja rationaalinen ajattelu (Mikkola 1997, 121). Nuoret ja aikuiset tarvitsevat aistien avaamista ja omien kokemusten merkityksen tiedostamista. Ympäristö on ensin opittava havaitsemaan, sen jälkeen tulkitsemaan ja arvioimaan ja tältä pohjalta tehtävä perusteltuja päätöksiä toimia. (Jokela 1997, 14-15.) Ympäristökasvatuksen tavoite näkyy käyttäytymisessä. Pelkät ympäristöystävälliset asenteet eivät johda välttämättä uuteen käyttäytymiseen, tarvitaan niihin sitoutumista. (Mikkola 1997, 114, 116.) Uusi tieto auttaa kyseenalaistamaan aiempia uskomuksia. Uusissa aatteissa ja liikkeissä kyseenalaistetaan muun muassa jatkuva teknologinen kehitys, pyritään kohti parempaa elämänlaatua. (Mikkola 1997, 97, 101.)

Kun vertaan kokonaisvaltaista fysiikanopetusta ympäristökasvatukseen, huomaan, että fysiikan opetuksessa on samoja elementtejä, jotka tekevät mahdolliseksi arvokasvatuksen fysiikan sisältöjen kautta. Fysiikan opetus antaa tietoa ympäristöstä ja sen lainalaisuuksista. Myös ajattelun kehittäminen on keskeisellä sijalla fysiikan opetuksessa. Kokonaisvaltainen fysiikanopetus sisältää tutkimukseni mukaan aiheita, joiden näkökulma liittyy ihmiseen ja on monitahoinen. Tällaisia aiheita ovat esimerkiksi tieteen luonne, vuorovaikutukset ja havainnointi. Fysiikan valinnaiskurssilla pyrin antamaan oppilaille tietoa ja kokemuksia, joissa he voivat arvioida omia mielipiteitään ja arvojaan. Kincheloe(2003) on tutkinut, että kun oppilaat ymmärtävät tieteen muodostumisprosessin, he voivat muodostaa oman uskomuksensa maailman objektiivisuudesta ja arvo-vapaudesta. Tämä muokkaa heidän havaintokykyään maailmasta. Tässä prosessissa tiedon sisällöllä on tärkeä merkitys. (Kincheloe 2003, 231.) Fysiikan opetuksessa arvokasvatusta voi tehdä keskustelemalla tekniikan merkityksistä ja pyrkimällä omakohtaiseen kokemukseen esimerkiksi historiallisten henkilöiden avulla, kuten tein opetuskokeilussani.

Menetelmäni valinnaiskurssilla olivat samantapaisia kuin ympäristökasvatuksessa ehdotetaan kokemuksen aikaansaamisesta. Esimerkiksi ympäristön fyysisiä ominaisuuksia voidaan opetella tarkkailemaan, rakennettu ympäristö voidaan ymmärtää viestinä, kertomuksena tai tarinana, ympäristön sisältöä, tasoja ja merkityksiä voidaan analysoida ja tehdä vertailuja. Kysymysten avulla pyritään kriittiseen ajattelun ja luovan fantasian synnyttämiseen kohteen tarkastelussa. Kohteesta hankittu tietämys sisäistetään tutkielmien, kuvien, esitysten ym. valmistamisella. (Jokela 1997,16-21.) Muita työtapoja ympäristökasvatukseen ovat eri ”ismeihin” tutustuminen ja oman näkökulmansa löytäminen sitä kautta (Matikainen 1997, 213). Arvoja opetetaan pohtimalla ja siinä ajattelutaidot ovat välttämättömiä, joten moraalikasvatus on lähellä ajattelutaitojen kehityksen tukemista (Elo 1993, 92-93). Arvot kehittyvät omakohtaisessa kokemuksessa, joten kokemuksellinen opetus (Silkelä 2001, 15-23), jota olen käsitellyt kappaleessa 3.2.4, antaa aineksia arvokasvatukseen. Puolimatkan (2002) mukaan opettajan tehtävä on luoda oppilaaseen suhde, joka perustuu vuorovaikutukseen ja tekee oppilaalle mahdolliseksi aidosti ilmaista, mitä maailma hänelle merkitsee. (Puolimatka 2002, 254.)

Hakkarainen (2002) esittää kehittävän opetuksen ratkaisua siihen, että koulussa pystytään opettamaan myös arvoja. Kehittävän opetuksen periaatteita on se, että opettajan ja oppilaiden yhteiset tuotokset mahdollistavat kehityksen, opettaja ei esitä vain vaatimuksia oppilaille. Tällöin korostetaan puhumisen ja kirjoittamisen merkitystä tiedon tuottamisessa. Lisäksi sallitaan arkikielen käyttö ja opetus rakennetaan oppilaiden kokemuksen mukaan, sekä tähdätään uuden merkityksellisen tiedon muodostamiseen opetuksessa. Opetuksessa pyritään haastaviin tehtäviin ja kokonaisuuksien hahmottamiseen, suhteutetaan opetusta elävään elämään. Edelleen pyritään vaihtoehtojen punnitsemiseen ja perusteiden löytämiseen. Opetuksen lähtökohta on lapsen maailma, jossa tähdätään kaikkien osallistumiseen. Fysiikan valinnaiskurssilla toteutettiin monia kehittävän opetuksen periaatteita: vuorovaikutteista, yhteisöllistä opetusta, arkikielellä puhumista ja monien näkökulmien esittämistä.

Tutkimuksessani olen käsitellyt omaa tiedostamisprosessiani ja tarkastellut oppilaiden kehitystä mm. arvojen tiedostamisena. Tutkimukseni mukaan oppilaiden tietoisuus maailmankuvasta kehittyy vuorovaikutteisessa opetuksessa, jossa käsitellään aiheita oppilaan omasta näkökulmasta ja myös muista näkökulmista. Tässä käsiteltävässä on yksilöllisen tiedostamisprosessin piirteitä. Hannulan (2000) tutkimuksen mukaan sosiaalinen muutos edellyttää yksilöllistä tiedostamista. Muutoksen edellytykset perustuvat tietoiseen omaa itseä koskevien käsitysten muuttamiseen ja dialogiakyvyn kehittymiseen, mikä tarkoittaa

itseilmaisua ja yhteisen kielen opettelua. Menetelmänä on kriittinen reflektio, joka kohdistuu omaan arkielämään, ja yleisten ilmiöiden teoreettinen analyysi. Fysiikan valinnaiskurssilla pyrin siihen, että oppilaat ilmaisivat paljon ajatuksiaan ja käsiteltiin myös yleisiä ilmiöitä, mikä auttaa heitä Hannulan (2000) mukaan tiedostusprosessissa. Oppilailla oli myös toiminnan, sosiaalisen muutoksen, mahdollisuus: he saivat vaikuttaa valinnaiskurssin aiheisiin. Toiminta on arvokasvatuksen osa, sillä arvot ovat tiedostettuja käyttäytymisen motiiveja (Launonen 2007, 134).

Tutkimukseni tuloksellisuutta arvioin oppilaiden palautteiden avulla. Mieltä voidaan tutkia vain, jos tutkittava kertoo tai muulla tavoin ilmaisee kokemuksiaan (Latomaa 2005, 17). Fysiikan valinnaiskurssilla käsiteltiin arvokysymyksiä, kuunneltiin oppilaiden mielipiteitä ja käsiteltiin tietoa eri näkökulmista. Oppilaat esittivät kiinnostuksesta kertovia ilmaisuja kurssin lopussa (taulukko 18, kappale 6.3.2). Tämä voisi viitata henkilökohtaiseen kiinnostukseen, joka on melko pysyvää ja siihen liittyy arvot, positiiviset tunteet ja tiedon lisääntyminen (vrt. Hidi & Harackiewicz 2000). Kurssin puolivälissä oppilailla oli väliaikaisia tunneilmaisuja, jotka viittaavat tilapäiseen kiinnostukseen (vrt. Hidi & Harackiewicz 2000). Oppilaat ilmaisivat myös diskursseja, joista välittyi, että heidän maailmankuvansa oli rakentunut ja oppilaat kokivat, että tiedosta oli hyötyä (kappale 6.3.3). Oppilaat eivät pelänneet haastavia tehtäviä, joten heitä voidaan pitää tavoiteorientoituneina, päämäärähakuisina (vrt. Hidi & Harackiewicz 2000).

9.1.2 Kasvatustavoitteiden toteutuminen fysiikan oppisisällöissä

Koulun kasvatukselliset tavoitteet onnistuvat fysiikan opetuksessa tutkimukseni pohjalta vuorovaikutteisen opetuksen ja lisämateriaalin kautta. Fysiikan opetusmenetelmässäni keskustelu nousee tärkeäksi menetelmäksi edistää oppilaan itsetuntemusta, hänen ajatteluaan ja vuorovaikutustaitoja. Dialogin tarkoitus on saada osallistujat ymmärtämään ja kunnioittamaan, vaikkakaan ei ehkä aina hyväksymään toisten näkemyksiä.

Nämä tutkimustulokseni sain opettajan tiedon analyysistä (kappale 6.1.2), joka sisälsi myös kasvatustavoitteiden toteutumisesta tehtyjä tutkimuksia ja didaktiikkaa (luku 2.3). Opettajan tiedon analyysini ja opetuskokeiluni osoittavat, että fysiikan opiskelun pitäisi sisältää monipuolisten arkielämän eri puolien käsittelyä eri näkökulmasta sekä kysymysten esittämistä ja vastausten etsimistä yhdessä pohtimalla (kappale 6.2.2 ja luku 8.1). Ajattelu ja pohtiminen ovat myös ympäristökasvatuksen menetelmä arvokasvatuksessa (Elo 1993, 92-93). Tällöin fysiikan sisällön oppimisen ohella opetetaan asenteiden ja motivaation kehittämistä sekä uusia ajattelutapoja.

Kasvatustavoitteita ei voida tarkastella erikseen muista fysiikan opetuksen tavoitteista. Kiinnostuksen herättäminen ja oppimiskäsitykset liittyvät kaikkeen fysiikan opetukseen. On tärkeää kehittää oppilaille innostava oppimisasenne. Kiinnostavat aiheet herättävät keskustelua ja motivoivat opiskelemaan. Lavosen ym. (2005c) tutkimuksen mukaan oppilaat ovat kiinnostuneita ihmistä koskevista ja mystisistä asioista ja niistä, joista heille on hyötyä. Fysiikan valinnaiskurssin materiaalin tehtävien lähtökohta koski ihmistä (Kärnä 2001). Valinnaiskurssilta kirjaamani keskustelut osoittavat, että kun keskustellaan fysiikan laeista, keskustelu voi siirtyä koskemaan myös mystisiä ilmiöitä. Oppilaat myös tekivät oman tutkimuksen, jonka aihe monilla opiskelijoilla liikkui tieteiden rajoilla, kuten esim. unet. Kurssipalautteesta voi tulkita, että oppilaat kokivat filosofiapainotteisesta fysiikan kurssista olevan paljon hyötyä, ja he ilmaisivat kiinnostuksen säilymistä koskevia diskursseja kurssin lopussa (luku 6.3).

Tutkimuksessani pelkistin kasvatustavoitteet itsetuntemukseksi ja sosiaalisiksi taidoiksi analysoimalla opetussuunnitelman tavoitteita (kappale 6.1.2). Huomasin, että myös aihekokonaisuuksien tavoitteet luokittuvat samoin (kappale 6.1.3). Nämä käsitteet, itsetuntemus ja sosiaaliset taidot, liittyvät toisiinsa, sillä sosiaalisilla suhteilla on tärkeä rooli itsetuntemuksen lisäämiseksi. Keskustelussa toisille joutuu ilmaisemaan omia mielipiteitä ja tunnistamaan maailmankuvansa perusteita. Fysiikan valinnaiskurssilla oli tehtäviä, joissa oppilaat joutuivat miettimään omia käsityksiään muun muassa eri filosofien ajatuksiin. Enkenberg (2002) esittää, että kun oppilas vertaa itseään muihin, hänessä voi lopulta syntyä muista riippumatonta itseen kohdistuvaa arviointia. Edistyksellisyyttä vaativa itsetuntemus ja vuorovaikutus toisen ihmisen tai ryhmän kanssa on vasta pitkän kulttuuri- ja yksilökehityksen tulosta. (Enkenberg 2002, 175.)

Pohtiva ilmapiiri fysiikan valinnaiskurssilla oli myös yhteistyötaitojen valmentamista. Sharan ja Sahlberg (2002) selvittävät, miten oppilaiden valmentaminen vaikutti heidän kykyynsä toimia yhteistoiminnallisesti. Heille opetettiin aktiivista kuuntelemista, asioiden ilmaisemista, rakentavan kritiikin antamista, vastuun ottamista omasta käyttäytymisestä. Samoin harjoiteltiin yhteistyötaitoja kuten tehtävien jakaminen tasapuolisesti, vuorottelua ryhmässä, ongelmien ratkaiseminen demokraattisesti sekä mielipide-erojen tunnistamista. (Sharan & Sahlberg 2002, 389.) Näitä taitoja opetettiin valinnaiskurssilla fysiikan tiedon yhteydessä, ja erityisesti tarkasteltiin käsitteitä eri konteksteissa, kun käsiteltiin vuorovaikutuksia.

Kasvatustavoitteet toteutuvat omakohtaisessa kokemuksessa (vrt. Jokela 1997, 14-15). Kehitin fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaalia siten, että tehtäviä ratkaistessa oppilas voi aktiivisesti rakentaa omia merkityksiään oppimispäiväkirjoissa ja keskusteluissa. Oppilas tekee ensin omat tulkintansa tehtävistä ja peilaa niitä muiden käsityksiin ja ehkä muuttaa omaansa. Oppiminen tapahtuu opetuksessa annettavien tehtävien ratkaisun yhteydessä. Opettajien haastattelujen mukaan oppilaan ei ole helppo käsitteellistää havaintojaan. Oppilaille pitää antaa runsaasti aikaa konstruoida omat rakennelmansa ja teoriansa. (Nulpponen 2000, 122.)

Fysiikan valinnaiskurssilla oppilaiden diskursseista käy ilmi (taulukko 18, kappale 6.3.2), että he ilmaisivat, miten heidän maailmankuvansa oli kehittynyt ja myös vuorovaikutustaitojen käyttöä. Itsetuntemuksen kehittymistä oppilaat tiedostivat vasta vuosi kurssin jälkeen. Tämä voi johtua palautteiden tehtävänasettelusta. Sen sijaan oppilaat ilmaisivat kurssin aikana ajatteluaan ja tunteitaan. Opetuskokeilussani kurssin puolellavälissä opettaja havainnoi huonoa ilmapiiriä ja passiivisuutta ryhmässä. Opettaja laittoi oppilaat kirjoittamaan kirjeen, jossa he saivat ilmaista mielipiteitään. Oppilaat ilmaisivat runsaasti tunteitaan, myös negatiivisia tunteita toisiaan kohtaan. Tilanne muuttui, kun opettaja erityisesti kuunteli oppilaita. Pietilän (2002) mukaan tunteet ovat avainasemassa sekä oppimisen mahdollisuuksien että esteiden kannalta (Pietilä 2002, 9). Pietilä (2002) pitää uskoa omiin kykyihin oppia oppimisen edellytyksenä. Oppilaat, joilla on hyvä itseluottamus, suorittavat ongelmanratkaisutehtäviä itsevarmasti ja rauhallisesti, kun taas heikon itseluottamuksen omaavat oppilaat alkavat kyseenalaistaa omia kykyjään jo heti ongelman saatuaan. (Pietilä 2002, 61.) Opetuskokeilussani tuli ilmi, että opettajan tulisi kuunnella mielipiteiden lisäksi oppilaiden tunteita, mikä vastaa myös opetussuunnitelman tavoitteita (luku 2.3).

Käytin myös narratiivista opetustapaa fysiikan valinnaiskurssilla. Narratiivisuus, suurien tai pienien tarinoiden kertominen ja kirjoittaminen on motivoiva ja elämyksiä antava opetustapa, joka mahdollistaa arvojen esiintuomisen. Tätä tapaa käytetään mm. ympäristökasvatuksessa (Jokela 1997, 16- 21). Fysiikan ilmiöistä ja käsitteistä kirjoittamani tarinat auttavat tuomaan

ilmiöt arkipäivän elämään (Kärnä ym. 1999, 255-261; Kärnä ym. 1997, 227- 240).

Oppitunneilla voidaan kertoa aiheeseen liittyviä tarinoita omasta elämästä tai historiallisia tarinoita. Tarinoita voidaan käyttää palautteen antamiseen opettajalle. On helpompi kirjoittaa kirje ystävälle kuin arvioida kurssia opettajalle. Opettaja voi tarinoiden avulla antaa palautetta oppilaille. Tarinoiden kirjoittaminen auttaa myös työstämään omia emootioita (Karlsson 2000). Opetuksessa opettajan tulisikin Hannulan (2004) mukaan tietoisesti käyttää hyödyksi oppilaiden erilaisia asenteita, tarpeita ja emootioita (Hannula 2004, 57-59).

9.1.3 Näkökulmia kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen

Tässä kappaleessa pohdin sisältöjä ja menetelmiä, joiden kautta arvokasvatus, kasvatustavoitteet ja maailmankuvan rakentuminen voidaan toteuttaa tutkimukseni mukaan fysiikan tunneilla. Nämä aiheet sisältyvät opetussuunnitelmaan ja sen tavoitteisiin- esimerkiksi siellä on maininta fysiikan luonteen ymmärtämisestä- mutta ne vaativat laajempaa käsittelyä kuin opetussuunnitelmassa mainittu. Luvussa 7 tarkastelin näitä aiheita laajemmin. Oppikirjoissa ja muussa materiaalissa on aineistoa, joka tutkimukseni mukaan edistää arvo- ja asennetavoitteiden, esimerkiksi tieteen avoimien kysymysten toteuttamista koulussa. Lisämateriaalina se jää usein pois, koska opettaja ei ole tietoinen sen merkityksestä.

Laajat näkökulmat

Tulokseni mukaan kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen liittyy tiedon esittäminen monista näkökulmista. Tämän tuloksen sain, kun analysoin muun muassa fysiikan luonnetta (kappale 2.6.2), maailmankuvaa (kappale 2.6.3), luonnontieteellistä ajattelua (kappale 3.1.1), tietoa ja sen siirtoa (kappaleet 3.1.2 ja 3.1.3) ja se liittyy myös muuhun opettajan tietoon kuten oppimiskäsitykseen (luku 2.4), motivaatioon (luku 2.5) sekä kasvatustavoitteiden toteuttamistapoihin (luku 2.3). Tämä näkökulma on jo tiedon luomisen prosessissa, joka on kokeilua, ei löytämistä (McNiff & Whitehead 2006, 26-27), ja opetussuunnitelmien tavoitteissa. Kallion (2005) mukaan peruskoulun korkeimmilla asteilla näyttää korostuvan, että oppilaita ohjataan tiedolliseen itsenäisyyteen, ja että nuoren tulisi oppia arvioimaan asioita useasta näkökulmasta (Kallio 2005, 46). Tätä näkökulmaa on myös arvioitu siten, ettei oppilas kykene tällaiseen tiedon käsittelyyn (Kitchener ym.1993). Toisaalta omassa tutkimuksessani olen esittänyt näkökulmia, että fysiikan opetus antaa liian mekaanisen kuvan maailmasta ja että siitä puuttuvat monet näkökulmat. Parkin ja Oliverin (2008) mukaan laajat näkökulmat ovat luontaisia kokeneelle opettajalle ja mahdollistavat korkean tason kognitiivista ajattelua. Opettajan pedagogista sisältötietoa koskevan tutkimuksen mukaan opettajan hyvä PCK sisältää sen, että opettaja tutkii tietoa monista näkökulmista ja osaa soveltaa tietoa. (Park & Oliver 2008, 278.) Opettaminen, joka ei laajene käsittelemään aiheita vaihtoehtoisista näkökulmista, eikä ole itsekriittistä, pyrkii tuottamaan alemman tason kognitiivista aktiivisuutta ja rajoittunutta näkemystä ilmiöistä, joita opiskellaan (Kincheloe 2003, 112).

PISA-arvioinnin tavoitteissa pidetään tärkeänä mm. laajojen käsitteiden omaksumista, tulkintojen tekemistä ja erilaisten yhteyksien ymmärtämistä. Oppiaineiden rajat ylittävien yleisten taitojen ja valmiuksien arviointi on osa hanketta. Arvioinnissa painotetaan tiedollisten prosessien hallintaa, käsitteiden ymmärtämistä ja kykyä toimia erilaisissa tilanteissa. Oppilaiden olisi tärkeää omaksua valmiudet menestyksekkääseen oppimiseen, mutta myös harjaantua yleisten taitojen käyttöön, kuten kommunikaatioon ja ongelmanratkaisuun. Nämä taidot nähdään monissa maissa inhimillisen pääoman kehittymisen ehtoina. (Anon 2003; PISA 2000)

Fysiikan valinnaiskurssilla kokeilin aineistoa, joka lähestyy fysiikan ilmiöitä laajasti, oppilaiden arkielämästä käsin. Oppilaiden oli helpompi puhua tutuista asioista, ja oppilaille läheisistä asioista puhuminen loi hyvän luottamuksellisen ilmapiirin. Tätä lähestymistapaa fysiikan opiskelussa monet tutkijat suosittavat (esim. Gresser 2006; Magnusson ym. 1999; Pietilä 2002). Gresserin (2006) tutkimusten mukaan fysiikan opetuksen lähtökohta voi olla se, että sovelletaan puuttuvia vuorovaikutuksen taitoja uudessa yhteydessä. Tällöin sosiaalisen vuorovaikutuksen rohkaisemisessa käytetään hyväksi kognitiivisia voimavaroja. (Gresser 2006, 104.) Eri näkökulmien esittäminen on tärkeää oppilaan oman ajattelun kehittymiselle. Oppilaan näkökulma voi avartua, kun se joutuu kosketuksiin toisenlaisesta näkökulmasta tuotetun opetuksen kanssa (Puolimatka 2002, 116). Oppilas tarvitsee eri näkökulmia ajatellakseen itse ja kyetäkseen rakentamaan omaa tietojärjestelmäänsä. Ongelmaratkaisutilanteen on ajateltu riittävän oman ajattelun kehittymiselle, mutta oppilaille, joilla on huono itsetunto, se voi muodostua esteeksi. (vrt. Pietilä 2002, 61.)

Fysiikan valinnaiskurssilla keskustelua syntyi myös ilmiöistä, joille tiede ei ollut löytänyt oikeita vastauksia. Näistä asioista keskusteleminen oli yksi tavoitteeni ennen kurssia. Oppilaat saavat reaalisemman kuvan tieteestä ja fysiikasta, mikä vaikuttaa myös heidän maailmankuvaansa. Oppilaiden kurssipalautteessa oli paljon maailmankuvaan liittyviä diskursseja (luku 6.3). Sormunen (2004) laajentaa myös ”fysiikasta puhumista”. Sormusen (2004) mukaan luonnontieteiden oppitunneilla tulisi huomioda se, että käytävä diskurssi ei välittäisi oppilaille kuvaa yhdestä ja ainoasta oikeasta tavasta puhua luonnontieteistä. (Sormunen 2004, 339.) Carrin ja Kemmisin (1997) mukaan tieteen luonne ei ole vahvistaa, vertailla ja todistaa oikeaksi tieteellisiä teorioita vaan mieluummin haastaa, arvioida, ja jos mahdollista, kieltää rakenteet, jotka ovat normaalisti onnistuneet selittämään asioita (Carr & Kemmis 1997, 119). Yksilöt ovat luoneet teorioita selittämään maailmaa mieluummin, kuin ne on keksitty maailmasta. Objektiivisuus ei tarkoita naivia uskoa asioiden neutraaliin luontoon, vaan mieluummin se on jaettu yksilöllinen sopimus tiedon laadusta ja rationaalisuudesta. Objektiivisuus saavutetaan, kun osallistujat antavat näkemyksensä kriittiseen avoimeen tarkasteluun. Tieteeseen liittyvät historialliset ja sosiaaliset aspektit, milloin kysymys on noussut ja missä olosuhteissa se on ratkaistu. (Carr & Kemmis 1997, 121-122.) Oppilaalle voidaan antaa käsitys tieteestä, joka on kansainvälisiä objektiivisia sääntöjä tai tiede on kulttuuriin, aikaan ja paikkaan sidottu käytännöllinen näkemys (Kincheloe 2003, 228).

Tiedon siirtovaikutuksen takia on tärkeää käsitellä ilmiöitä ja teorioita erilaisissa konteksteissa (Rebello ym. 2005, 240-241). Keskusteluissa fysiikan valinnaiskurssilla sain käsityksen siitä, miten oppilaat ovat ymmärtäneet fysiikan käsitteen siten, että osaavat siirtää sen käyttöä moniin yhteyksiin. Melkein kaikissa keskusteluissa tuli ilmi, ettei keskustelu rajoitu fysiikan tietoihin, vaan oppilaat tuovat esille kaikenlaisia mielikuvia aiheesta. Näin kävi myös kun keskusteltiin dualismista.

Tiedonhankintaprosessiin kuuluu havaintojen tekeminen, jota olen käsitellyt luvussa 7.1. Havaintojen tekemisen opettaminen laajentaa näkökulmia ja vaikuttaa oppilaan itsetuntemukseen ja oppimiseen. Järvilehto (1994) tarkastelee havaitsemisen merkityksestä oppimisessa ja määrittelee oppimisen havaitun tiedon järjestämisenä. Oppiminen on sama asia kuin havaitseminen ja käytännön toimintaa, jossa ihminen järjestää havaintonsa ympäristöstä. (Järvilehto 1994, 156.) Tämä näkökulma antaa uutta merkitystä sille, että havaintojen tekoa tulee opettaa. Ihmisen havainnointiprosessi ja tarkkaavaisuuden suuntautuminen on nostettu oppimisen kannalta jopa tärkeämmiksi kuin muistaminen (Mönkkönen & Enkenberg 1996, 18).

Keskustelu

Fysiikan valinnaiskurssilla oli keskeinen osa vuorovaikutteisella opetustavalla opetuksen tavoitteiden toteuttamisen kannalta. Myös Sulonen (2004) nostaa dialogisen keskustelun tärkeäksi menetelmäksi opetuskokeilussaan tavoitteiden saavuttamiseksi, kun kehitetään elämisen taitoja, yhteisöllisyyttä, vastuullisuutta, huolenpitoa toisesta ja itsekkyyden hallintaa kotitalouden opetuksen yhteydessä (Sulonen 2004, 183-185). Opetuskeskusteluihin liittyy opettajan rooli asiantuntijana: opettaja tekee kysymyksiä ja kuuntelee. Pyrin tietoisesti aikaan saamaan oppilaille tunteen kuulluksi tulemisesta. Tällöin oppimisen esteenä olevat asenteet voivat vähentyä. Sain kuuntelemisesta myös onnistumisen kokemuksen, kun erään Luonnonfilosofiaa-kurssilaisen äiti lähetti minulle myöhemmin oppilaan kommentin kurssiopinnoista: *”Tollasia pitäis kaikkien maikkojen olla, sellaisia jotka oikeasti kuuntelee, mitä oppilaat sanoo (E4).”*

Fysiikan opetuksen tutkimuksen mukaan keskustelulla on tärkeä merkitys fysiikan käsitteiden oppimisessa (vrt. Savinainen & Viiri 2005, 63-65). Fysiikan valinnaiskurssilla fysiikan käsitteiden merkityksistä syntyi keskustelua arkielämän ilmiöiden yhteydessä. Oppilaita kiinnosti käsitteiden filosofinen pohdinta. Keskustelu liittyy kokeellisen fysiikan opetuksen kaikkiin vaiheisiin, erityisesti ilmiön tarkasteluun, ongelman asettamiseen ja mittaustavan miettimiseen sekä lopputuloksen pohdintaan. Feilin (2004) mukaan opetuksen tuloksellisuuden kannalta on tärkeä keskustella yksityiskohtaisesti fysiikan eri käsitteistä. Niilläkin oppilailla, jotka eivät osaa selittää asiaa, on ilmiöstä tiettyjä ajatuksia. Tämä koskee erityisesti mekaniikan kurssia, joka sisältää oppilaille arkielämästä tuttuja fysiikan asioita. (Feil 2004, 51.) Käsitteiden merkitys opetuksessa ja niiden merkitys yleisessä kielenkäytössä eivät ole täsmälleen samat, ja tämä aiheuttaa sekaannusta joillekin oppilaille, ja siksi on tärkeää selittää tieteelliset merkitykset esim. sanoille vauhti ja hitaus (Feil 2004, 51-52; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1998a, 169-180).

Keskustelu kuuluu oleellisena osana kaikkiin fysiikan oppikurssini opetusmetodeihin. Erityisesti filosofisessa ajattelussa on tärkeä oppia tekemään kysymyksiä ja pohtimaan ennakkoluulottomasti ja avoimesti. Keskustelu on luontevin ihmisten välinen kommunikaatiokeino. Keskustelu perustuu ajattelun ja tunteiden tiedostamiseen, se auttaa kriittisen ajattelun kehittymisessä. Erityisen tärkeää on kehittää oppilaissa ongelmanasettelun pohdinnan taitoja.

Ryhmäkeskustelu

Toimintateoreettinen oppimisnäkemys ja sosiokulttuurinen lähestymistapa korostavat oppimisen sosiaalista luonnetta (Tynjälä 2000, 149). Tietoa ei tarkastella irrallaan siitä sosiaalisesta prosessista, jossa se muodostetaan. Fysiikan valinnaiskurssilla puhuimme yhdessä tai pienissä ryhmissä. Ryhmätyöskentelyllä on todettu olevan positiivisia vaikutuksia oppimiseen. Opettajalla voi olla vaikeuksia arvioida oppilaan ymmärtämistaso oppilaan antaman selityksen pohjalta. Oppilaat voivat käyttää fysiikan sanastoa ymmärtämättä niiden sisältöä. Sharanin ja Sahlbergin (2002) mukaan se, että oppilas joutuu selittämään tehtävää muille ryhmän jäsenille, vaikuttaa positiivisesti hänen oppimiseensa (Sharan & Sahlberg 2002, 399). Oppilaiden on tärkeä nähdä, että keskinäisen osallistumisen avulla ryhmissä he voivat ratkaista monia ongelmia, jotka he voivat suorittaa itse ilman opettajan apua (Gresser 2006, 104).

Fysiikan valinnaiskurssilla oppilaat saivat vapaasti valita omat 3-4 hengen ryhmänsä, joissa osa keskusteluista tapahtui. Feilin (2004) mukaan opettajan rooli on tärkeä, kun käsitellään ongelmia. Joskus oppilaat mieluummin keskustelevat asioista keskenään kuin jakavat niitä opettajan kesken. (Feil 2004, 51-52.) Fysiikan valinnaiskurssilla käydyistä keskusteluista ilmeni, että yhteinen keskustelu syvensi huomattavasti ongelman käsittelyä ja toi esiin useita näkökulmia.

Fysiikan valinnaiskurssilla opettajan rooli keskustelun aloittajana oli merkittävä johtuen aivan uudeltaisesta opetusmateriaalista, jossa käsiteltiin fysiikan lakeja selittämään ympäristön ilmiöitä. Puolimatkan (2002) mukaan luentoa voi seurata myös älyllisesti aktiivisesti. Se voi herättää uusia ajatuksia ja olla pohjana keskustelulle. Luento voi olla tehokkain tapa auttaa oppilaita jäsentämään laajoja ja kattavia tiedollisia rakenteita. (Puolimatka 2002, 241.) Crouchin ym. (2004) tutkimustuloksensa on, että tieto lisääntyy keskusteluissa oppilaiden kesken, mikä auttaa kehittämään pienryhmässä oikeita fysiikan ongelmanratkaisuja. Tämä keskusteluprosessi edellyttää oppilaita perustelemaan vastauksensa ja tarjoaa oppilaille, samoin kuin opettajalle, tavan arvioida vastaajan konseptuaalista ymmärtämistä. (Crouch ym. 2004, 835-838.)

Fysiikan valinnaiskurssilla oppilaat keskustelivat myös keskenään. Hoganin ym. (1999) tutkimuksen mukaan keskustellessaan keskenään oppilaat eivät vain käytä käsitteellisiä ilmaisuja vaan esittävät paljon kysymyksiä, epäilyjä ja metakognitioita (Hogan ym. 1999, 379-432). Opetuskokeilussani oppilaat pystyivät ryhmässä ratkaisemaan paremmin ja nopeammin ongelman kuin yksin, esim. ”purkkiongelman”. Ryhmä myös kannusti toisinaan esittämään pohtivia ja ”vaativia” mielipiteitä (Kärnä 2008; taulukot 35-37 LIITE 8).

Kysymykset

Fysiikan valinnaiskurssilla opetuksessani pyrin edistämään ongelmanratkaisua ja pohdinnan taitoja. Tutkimukset osoittavat, että usein fysiikassa oppilaat perustavat ongelmanratkaisunsa muistamiseen tai ulkoa opittujen kaavojen käyttöön (Henderson 2002, 53-58). Fysiikan valinnaiskurssilla opettaja kannusti oppilaita kysymään, ja myös kurssimateriaalissa oli tämänsuuntaisia tehtäviä. Pohtiva, avoin, aito ja rehellinen ilmapiiri selvästi innosti oppilaita. Opetuskokeilussani oppilaiden ajattelutaidot lisääntyivät ja maailmankuva rakentui keskustelujen kautta (luku 6.3). Keskustelujen virittäjänä toimivat usein ihmettelevät kysymykset. Tiede edistyy kysymysten teon kautta, niiden kautta tapahtuu myös oppimista. Feilin (2004) mukaan fysiikan oppimisessa kysymysten teon taito oppimisen voimavarana on hyvin tärkeä. Ryhmässä oppilaat, joilla on korkein taito kommunikoida antavat apua muille ryhmän jäsenille riippumatta siitä, mikä on oppilaan absoluuttinen taito. (Feil 2004, 57.)

Fysiikan opetuksen tutkimus tukee kysymysten teon tärkeyttä oppimisprosessia. Gresserin (2006) mukaan opettajan oikea rooli ei ole kertoa oppilaalle kuinka edetä, vaan osoittaa ajattelun suunta, miten edetä. Tämä voi merkitä, että käytetään tietänytäyttyypistä ”sokraattista”, kyselevää menetelmää. Muutamia oikein asetettuja kysymyksiä voivat ohjata oppilasta tekemään sen, mitä on tarpeen tehdä. Kysymysten avulla autetaan oppilasta kehittämään sisäinen motivaatio, jolloin oppilas tottuu kysymään itseltään samoja kysymyksiä, joita opettaja ennen heille teki: mitä teet, miksi teet sen. (Gresser 2006, 102.) Tämä auttaa oppilasta tiedostamaan omaa oppimisprosessiaan.

Opetustapahtumaa edistävät opettajan tietoiset kysymykset. Beatty ym. (2006) ovat tutkineet opettajan kysymyksiä ja niiden tavoitteita. Heidän mukaansa oppilaille esitetään ensiksi

kysymyksiä siten, että keskustelu johtaa ymmärryksen lisääntymiseen eikä niinkään tietyn yksityiskohdan muistamiseen tai tiettyyn erityisosaamiseen. Toiseksi kysymyksiin liittyy laajapohjainen keskustelu sekä pienryhmissä että koko luokassa. Kolmanneksi, opetuksessa kehitetään jatkuvasti menettelytapoja ja sovelletaan ne oppilaan tarpeisiin ja oppilaan iän asettamiin vaatimuksiin. Fysiikan opetuksessa jokaisen kysymyksen pitää palvella pedagogista tavoitetta. Opettajan kysymyksellä voi olla kolmen tasoisia tavoitteita: sisältötavoite, prosessit ja metakognitiivinen tavoite. (Beatty ym. 2006, 32-33.)

Puolimatkan (2002) mukaan opettajan ensimmäinen ja tärkein tehtävä on rohkaista oppilaita tietoiseksi omasta äänestään ja saada heidät ilmaisemaan käsityksensä. Tämän opettaja voi käytännössä tehdä esittämällä aitoja kysymyksiä. Aitoja ovat sellaiset kysymykset, jotka ovat avoimia eli joihin ei ole olemassa ennalta annettua vastausta. Tällaiset kysymykset saavat oppilaat ajattelemaan ja keskustelemaan: "Mitä pidätte tästä? Onko asia niin?" (Puolimatka 2002, 340-341.)

Tytöt ja pojat

Fysiikan valinnaiskurssin filosofinen materiaali ja vuorovaikutteinen toteuttamistapa toteuttivat samalla kaikkia fysiikan opetuksen tavoitteita ja kiinnostivat erityisesti tyttöjä. Muut tutkimustulokset vahvistavat tämän. Lorenzon, Crouchin ja Mazurin (2006) tutkimustulosten mukaan fysiikan opetuksessa poikien etumatkaa voidaan vähentää vuorovaikutuksellisia opetusmenetelmiä käyttämällä ja liittämällä fysiikan opetukseen myös maailmankatsomukseen ja filosofiaan liittyviä näkökulmia. Nämä menetelmät edistävät sekä tyttöjen että poikien fysiikan oppimista. Erityisesti jos käytetään ryhmäopetusta, parannetaan fysiikan käsitteellistä ymmärtämistä. (Lorenzo ym. 2006, 118-122.) Valinnaiskurssin valinneista suurin osa oli tyttöjä (83%). Itsetuntemusta vahvistavat ja maailmankuvaa laajentavat tehtävät auttavat niin tyttöjä kuin poikiakin kasvussa ihmisyyteen; ne herättävät kiinnostusta ja edistävät myös oppimista. Koulun tulisi vahvistaa tyttöjä löytämään ulospäin suuntautuvia ominaisuuksiaan ja poikia ehkä löytämään sisäisiä ominaisuuksiaan. Itse näkisin, että kysymys on enemmän ihmisyydestä kuin miehisyydestä ja naisellisuudesta.

Tyttyjä kiinnostavat aiheet, jotka liittyvät luontoon, ja ilmiöt, joita voidaan havaita aistien avulla. Tytöt pitävät tärkeinä ihmisiin, sosiaalisiin aiheisiin ja teknisiin sovellutuksiin koskevia sisältöjä. Myös pojat ovat kiinnostuneita näistä aiheista. Kiinnostuksen vaikuttaa eniten oppilaan fysiikan minäkuva. Tämän opetussuunnitelman mukaisessa opetuksessa tytöt saavat parhaita tuloksia kognitiivisissa ja affektiivisissa taidoissa. Heidän fysiikan minäkuvansa kohenee, jos opetus tapahtuu ajoittain tyttöryhmissä, kun taas pojat oppivat parhaiten sekaryhmissä. (Hoffmann 1997.)

Oppilaiden palautteet, jossa he ilmaisivat kiinnostusta fysiikan valinnaiskurssin aiheita kohtaan, vahvistavat Lavosen ym. (2005) tutkimuksen tulokset kiinnostavista aiheista, joita ovat omaan elämään, mystiikkaan ja hyötynäkökulmaan liittyvät aiheet sekä ajattelun taitojen kehittäminen ja osallistumien kurssin suunnitteluun (Lavonen ym. 2005d, 221-224; 2005e, 16-20).

9.1.4 Fysiikan opettajan työnsisällön kehittyminen

Tutkimuksessani selvitin, miten opetussuunnitelmassa mainitut fysiikan opetuksen arvo- ja asennetavoitteet, kasvatustavoitteet sekä maailmankuvaa koskevat tavoitteet voidaan toteuttaa, koska niitä ei ole mainittu fysiikan opetuksen sisällöissä. Opetussuunnitelmaa

voidaan pitää ohjeellisena siinä mielessä, että kukin opettaja soveltaa sitä ymmärryksensä mukaan. Opetussuunnitelmaa pidetään myös liian tiukkana ohjeena, faktatietona, joka estää opetuksen kehittämistä ja kasvatustavoitteiden arviointia. (Kincheloe 2003, 4,17.)

Tutkimukseni mukaan opetussuunnitelma antaa aineksia kokonaisvaltaiseen fysiikanopetukseen, jos opettaja toteuttaa sen tieteen luonteeseen, arvoihin, asenteisiin ja maailmankuvaan liittyviä tavoitteita.

Empiirinen tutkimukseni vahvisti, että näitä tavoitteita on mahdollista opettaa fysiikan lisämateriaalin kautta. Sisällönanalyysini, jossa luokittelen opetussuunnitelman tavoitteita ja sisältöjä (kappale 6.1.4) vahvistaa Hakkaraisen (2002) väitteen, että opetuksen arvo- ja asennetavoitteet eivät voi toteutua aineenopetuksen sisältöjen kautta. Tämä asettaa fysiikan opettajalle vaatimuksia hyvän aineen hallinnan lisäksi. Hakkaraisen (2002) mukaan asetettuja kasvatuksellisia ja kehityksen tavoitteita ei voida saavuttaa aineopetuksen avulla kuin poikkeuksellisten opettajien ryhmässä. Kokenut opettaja, jolla on kehittynyt pedagoginen sisältötieto, pystyy opetuksessaan yhdistämään kasvatusteemat tietoon (Magnusson ym. 1999). Esiymmärryksessäni arvo- ja asennetavoitteiden toteuttamisessa käytin myös käytännön tietoani fysiikan valinnaiskurssin suunnitteluun, koska en pystynyt perustelemaan kaikkia ratkaisujani tutkimustiedolla, vaikka se oli olemassa jossain muodossa. Vasta sisällönanalyysini opettajan tiedosta vahvisti käytäntöni. Tutkimustani voidaan pitää osoituksena, että opettaja pystyy pedagogisen sisältötietonsa avulla suunnittelemaan ja toteuttamaan opetusta, jossa on uutta tietoa opetuksen tutkimukselle. Tutkimukseni osoittaa, että kasvatustavoitteiden ja arvo- ja asennetavoitteiden huomioonottaminen fysiikan opetuksessa on opettajalle haastava tehtävä opettajan tiedon laajuuden takia. Toisaalta opettaja voi toteuttaa kaikkia opetuksen tavoitteita tietoisesti tai tiedostamattaan kokemukseen perustuvan tiedon avulla. Oma tutkimukseni on kestänyt useita vuosia, jotta pystyisin ratkaisemaan tämän kysymyksen tietoisesti tieteen menetelmiä käyttäen. Opetuksen tutkimuksen ja käytännön kokemuksen kautta syntynyt valinnaiskurssikokeilu kehittyi noin puolen vuoden suunnittelun tuloksena. Opettajan tiedon analyysini ja fysiikan valinnaiskurssikokeilun mukaan kasvatustavoitteet toteutuvat fysiikan opetuksessa lisämateriaalin tai laajempien näkökulmien (kappale 9.1.3) avulla.

Fysiikan valinnaiskurssilla halusin vuorovaikutteisen opetustavan avulla päästä käsittelemään oppilaiden asenteita ja arvoja muun muassa pohtimalla tieteen olemusta ja tiedon hankkimistapaa. Rebellon ym. (2005) mukaan uusi näkökulma fysiikan opetuksen muutokseen onkin kehitettävissä siitä, että fysiikan opetuksen tarkastelunäkökulma kohdistetaan opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämiseen sekä myös tietoteoriaan. Tämä asettaa vaatimuksia opettajan tiedoille. (Rebello ym. 2005, 220.) Fysiikan valinnaiskurssia varten syvennyin aiheisiin, jotka antoivat uusia näkökulmia fysiikan opetukseen, ja kirjoitin niistä opetusmateriaalia.

Tutkimuksessani toimin aktiivisena ja avoimena opettajana. Olin tietoinen fysiikan valinnaiskurssin tavoitteista ja pyrin niihin vuorovaikutteisen opetuksen kautta. Toimin opetuskokeilussa keskustelun herättäjänä ja rohkaisijana, kuuntelijana, palautteen antajana, oppilaiden oppimisprosessin ohjaajana ja omana itsenäni. Opetusprosessi oli kaksisuuntainen. Realistinen opetus pyrkii välittämään oppilaille oikean käsityksen todellisuudesta. Realistinen opetus edellyttää opettajalta sekä asiantuntemusta että oppilaantuntemusta. Voidakseen rakentaa tiedollisen ympäristön sellaiseksi, että se edistää asian ymmärtämistä, opettajan on tunnettava sekä oppilaan käsitysmaailma että oikea käsitys itse asiasta. (Puolimatka 2002, 292.) Kontakti oppilaisiin on myös luonnostaan hyvän opettajan ominaisuus (Laurson 2006, 9-36). Mieli ja tieto ovat monimutkaisia ja niiden ymmärtäminen on keskeistä hyvälle

opettajalle. Hän työskentelee yhdistääkseen tiedon ja vuorovaikutuksessa saadun informaation, johon liittyvät pelot, ilo, kysymykset, unelmat, halut ja ihmissuhteet. (Kincheloe 2003, 6.)

Kasvatustavoitteiden, itsetuntemuksen ja sosiaalisten taitojen kehittäminen tapahtuu oppilaan ilmaisun avulla. Fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaalissa oli tehtäviä, jotka rohkaisivat oppilaita olemaan eri mieltä. Opettajana oppitunnilla esitin myös erilaisia näkökulmia, jotka saivat oppilaat pohtimaan omaa mielipidettään. Tämä asettaa vaatimuksia opettajan aineenhallinnalle, vaikka ei tule pelätä tilanteita, joissa ei tiedä vastausta. Feilin (2004) mukaan fysiikan opetuksessa oppilaita pitäisikin rohkaista esittämään puolustavia ja refleктоivia näkökulmia vastauksiinsa, jotta siten voidaan parantaa heidän oppimistaan. Kun oppilaat eivät osaa tarkasti ilmaista tietojaan, opettajan täytyy tulkita oppilaiden selityksiä. Jos opettaja on tietoinen oppilaille tyypillisistä oppimisvaikeuksista, se voi auttaa opettajaa tunnistaman niitä sekä kuuntelemaan huolellisesti mitä oppilaat sanovat, eikä olettamaan enemmän kuin välttämätöntä. (Feil 2004, 51-52.)

Kun aloitin tutkimukseni siitä, miten koulun kasvatustavoitteet toteutuvat fysiikan oppisisällöissä, jouduin pukemaan sanoiksi omia tiedostamattomiakin ajatusprosessejani. Koulussa on monia toimintoja, joissa toteutetaan koulun kasvatustavoitteita. Kysymys on tiedostamisprosessista: tiedostetaan, mihin tavoitteisiin pyritään eri toiminnaissa. Kincheloe (2003) näkee kouluopetuksessa kriisin, jonka syyt liittyvät tietoisuuden, tarkoituksen ja suunnan yleiseen puutteeseen. Jos näkemys kasvatuksen tarkoituksesta puuttuu, ei ole mahdollista kuvitella kasvatuksen päämäärää. Silloin kysytään kysymyksiä: Mihin tarvitsen tätä tietoa? (Kincheloe 2003, 111.) Ratkaisuksi hän näkee, että opettajille annetaan ideoita, joiden avulla he voivat hallita ammatillisuuttaan. Opettajista pitää tulla tutkijoita. (Kincheloe 2003, 1-4.) Fysiikan valinnaiskurssin toiminnassa, erilaisten näkemysten esittäjänä ja pohtijana, toimin neutraalin tutkijan roolissa. Omaan opetustyöhön ja sen kehittämiseen liittyviä kysymyksiä on tarpeen saada riittävässä määrin jakaa ja reflektoida yhdessä kollegoiden kanssa. Pelkästään opettajan työn yksilöllisessä vapaudessa ei tapahdu työn kehittymistä. Itselleni fysiikan valinnaiskurssin suunnittelu, toteutus ja arviointi ovat olleet tiedostamis- ja kokemuksellinen oppimisprosessi, mikä ei tapahdu ”normaaliopetuksessa”. Yhteistoiminnallista oppimista kokeileva opettaja on enemmän tietoinen oppimisen tavoitteista ja opetusprosessista (Sahlberg & Sharan 2002, 374-375). Tähän voidaan tulla myös muussa opetuksessa, kun opettajan toiminnasta tulee intentionaalista.

Hendersonin (2002) mukaan opettajat eivät ymmärtäneet oppimateriaalin takana olevia oppimisteorioita, jos he käyttivät niitä tehottomilla tavoilla (Henderson 2002, 58). Tästä tutkimuksesta tulkiten, että opettaja voi olla vuorovaikutuksessa oppilaiden kanssa vain oman kokemuksensa tasolla. Oppimisen tapahtumista oman kokemuksen kautta painotetaan mm. ympäristökasvatuksessa (kappale 9.1.1). Engeström (1995) arvostelee kokemusoppimisen malleja. Hän kysyy: Jos kokemuksen karttuminen riittää turvaamaan uusien käsitteiden ja yleistysten tuottamisen, miksi niin monet yhteisöt pysähtyvät paikalleen ja joutuvat kriiseihin uusien ideoiden puuttuessa, vaikka niillä on pitkä ja runsas kokemus? (Engeström 1995, 78.) Engeströmin (1995) mukaan ”suoritusta ohjaava ajatusmalli ei nouse oppijan tietoisuuden kehittelyn kohteeksi” vaan vaikuttaa tottumuksenomaisesti tai intuitiivisesti (Engeström 1995, 83-84). Kokeiluun perustuva oppimisen malli vaatii, että opiskelija pyrkii toimimaan niin, että hän saa todellisuudesta palautteen, joka antaa mahdollisuuden käsitysten korjaamiseen (Puolimatka 2002, 266). Tämä näkemys selittää palautteen antamisen tärkeyden opetustapahtumassa ja myös opettajien yhteisen opetuksen kehittämisen tarpeen. Fysiikan

valinnaiskurssilla oppilailla oli jo tutkimuksellisista syistä useita mahdollisuuksia antaa palautetta, ja he kokivat tulleen kuulluiksi (luku 6.3).

Kokemukseni mukaan oppilaan kirjallinen itsearviointi on tärkeää, jotta hän tiedostaisi oppimisprosessiaan ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Fysiikan valinnaiskurssilla oppimispäiväkirja toimi myös oman ilmaisun väylänä, vaikka yleisesti ottaen oppilaat olivat kiinnostuneempia keskustelusta kuin kirjoittamisesta. Oppilaan palaute opettajalle kehittää molempien taitoja, sillä oppilaiden ajattelu vaikuttaa opettajan reflektointiin (Park & Oliver 2008, 279-280). Opetussuunnitelmatyö kehittää opettajaa tutkijaksi, jolla on hyvä itsetunto ja joka osaa tarkastella neutraalisti tilanteita. Heistä tulee tällöin avoimia oppilaiden palautteelle, mikä edelleen kehittää heidän kykyään oman työn arviointiin ja muuttamiseen. (Elliot 1991, 36-38.)

Oppimisen tutkimuksessa on näkökulmia, jotka vahvistavat sen merkitystä, että opettaja tuntee oppilaan monipuolisesti. Kincheloen (2003) mukaan opettajien tulee ymmärtää lasten ja nuorten sosiaaliset ja psykologiset käsitykset ja heidän käsitykset itsestään. Jos opettajat eivät tunne oppilaitaan, heidän pelkojaan ja unelmiaan, epäonnistumisia ja onnistumisia, he eivät voi auttaa heitä rakentamaan syvää maailmankuvaa. Kun opettajat tuntevat oppilaansa ja ovat oman aineensa ja tiedon hankinnan asiantuntijoita, heistä tulee opettajia, jotka motivoivat ja inspiroivat oppilaitaan. (Kincheloe 2003, 19-21.) Kasvatus ei ole vain tiedon rakenteen ymmärtämisen kehittämistä, vaan se koskee myös elämän hallinnan kehittämistä (Elliot 1991, 147).

Tutkimukseni aloittamisen jälkeen opettajilla on ollut käytössä uusia helposti saatavia työvälineitä opetuksensa suunnitteluun, muun muassa Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitoksen tarjoamat www-sivut (Lavonen ym. 2006). Voi olla, että oma tutkimusprosessini olisi muotoutunut lyhyemmäksi, jos kaikki tämä tieto olisi ollut saatavissa jo fysiikan valinnaiskurssia suunnitellessa vuonna 2001. Kokemukseni mukaan fysiikan opettaja tarvitsee nykykoulussa hyvää aineenhallintaa, hyviä vuorovaikutuskeinoja, joihin liittyy palautteen antaminen, keskustelutaito, johon kuuluu aito kuuntelu ja hyvä itsetuntemus sekä tietoisuus tavoitteistaan. Itse asiassa opettaja tarvitsee taitoja, joita tavoitellaan opetuksessa, koska opetus on vuorovaikutusta. Henderson (2002) sanoo samat asiat hieman toisilla sanoilla. Hänen mukaansa fysiikan opetuksen käsitteellisessä ymmärtämisessä on tarpeen kehittää opettajan toiminnassa seuraavia sisältöjä: opettajien havaintoja, opettajien käsityksiä ja opettajien orientaatiota. Edelleen Henderson (2002) toteaa vielä, että tutkimukset opettajien opetuksenaikaisesta päätöksenteosta osoittavat merkittävää eroa siinä, miten opetus kehittää joko ulkoista oppimiskäyttäytymistä tai sisäisiä kognitiivisia prosesseja. (Henderson 2002, 52.)

Tutkimuksessani olen etsinyt ja koonnut yhteen taulukoihin ja käsitekarttoihin pelkistettyä aineistoa, opettajan tietoa ja tietoa fysiikan opetuksen tutkimuksesta, jota opettaja tarvitsee opetuksensa suunnitteluun. Tämä tutkimusprosessi auttoi minua tulemaan tietoiseksi omista käytännöistäni ja kehitti ymmärtämään oppilasta hänen oppimis- ja kasvuprosessissaan. Tutkimukseni, pelkistetyt taulukot ja käsitekartat voivat antaa välineitä muille opettajille opetuksen suunnitteluprosessiin. Lisäksi opettajat voivat saada opetusmateriaalia, jossa on laaja näkökulma fysiikkaan.

9.2 Fysiikan perusopetuksen kehittämistä valinnaiskurssin pohjalta

Tässä luvussa vastaan kysymykseen: Mitä kokeiltuja ja hyviksi käytännöiksi todennettuja sisältöjä voidaan ottaa perusoppiaineeseen fysiikan valinnaiskurssin pohjalta? Tutkimukselleni oli tärkeää, että fysiikan valinnaiskurssilla oli aikaa keskittyä tutkimukseni kasvatus- ja arvotavoitteisiin. Sitten olen tuonut fysiikan valinnaiskurssilta materiaalia fysiikan tunneille. Perusopetuksessa tarvitaan vähemmän aikaa kokeiltujen ja hyviksi todettujen käytänteiden toteuttamiselle.

Dialoginen keskustelu nousi opetusmenetelmäksi fysiikan valinnaiskurssilla oppimisen välineenä (kappaleet 6.2.3 ja 9.1.3). Keskustelussa oppilas tiedostaa asenteitaan ja ennakkotietojaan, rakentaa uutta tietoa ja tulee tietoiseksi oppimisprosessistaan. Keskustelu on ongelmanratkaisuväline, jonka avulla luodaan luokkaan hyvä ja avoin ilmapiiri, mikä on keino herättää kiinnostus opiskeluun. Fysiikan valinnaiskurssin tehtävät olivat niin fysiikan kokeellisen kuin filosofian pohtivan luonteen mukaisesti ihmetteleviä ja pohtivia ongelmaratkaisutehtäviä. Tämä tehtävien luonne selittää osaltaan sitä, että oppilaat kokivat kurssin kiinnostavana ja avartavana ja kokivat pohtimisen kurssin antina.

Filosofisessa ajattelussa on tärkeä oppia tekemään kysymyksiä ja pohtimaan ennakkoluulottomasti ja avoimesti. Keskustelun aihe voi liittyä opiskeltavaan asiaan tai viitata siihen: keskustellaan tilanteen mukaan silloin tällöin esiin nousseista kiinnostavista aiheista. Aina ei tarvitse tietää oikeaa vastausta, riittää kun heittää kysymyksiä ilmaan ja esittää eri näkökulmia, sillä monilla ihmisillä on luovuuden, pohtimisen ja oivaltamisen tarve. Peruskoulussa kvalitatiivinen tarkastelu riittää monissa asioissa, ja fysiikan tutkimaa ympäröivää maailmaa voidaan lähestyä ihmettelevien kysymysten kautta. Keskustelua ei ole syytä rajata fysiikan käsitteisiin, sillä asioiden käsittely muissa konteksteissa auttaa oppilasta siirtämään fysiikan käsitteitä muihin ympäristöihin. Asenteista ja arvoista keskusteleminen toteuttaa koulun kasvatustavoitteista. Niistä voidaan puhua luontevasti, kun käsitellään teknologiaa ja sen vaikutuksia yhteiskuntaan ja luontoon. Koulun kasvatustavoitteiden mukaan ajatusten pitäisi muuttua myös toiminnaksi, sillä yksi opetuksen tavoitteista on yhteiskunnallisen aktiivisuuden herättäminen. Parhaimmillaan keskustelusta löytyy uusia asioita itsestä, toisista, asioista ja ilmiöistä.

Olen ottanut fysiikan opetukseeni mukaan lisää pohdiskelua, sillä se mahdollistaa monipuolisen kommunikoinnin, myös tunteiden ilmaisun. Aloitan fysiikan opetuksen tehtävällä: Kuka olen ja miten toimin. Tehtävän kautta voidaan käsitellä valoon, ääneen, lämpöön ja sähköön liittyviä perusilmiöitä. Valon dualistisen ominaisuuden yhteydessä pohdimme ympäröivän maailman dualistisia ominaisuuksia. Oppilaita kiinnostaa myös pohtia mekaniikan kurssissa ulottuvuuksia. Oppilaat kirjoittavat kertomuksen ”Tasomaasta” tai he kirjoittavat kirjeen kaukaiselle ystävälle, joka ei ymmärrä mitään mitoista, ja miettivät, miten silloin voi kuvailla itseään. Oppilaat ovat kiinnostuneita maailmankaikkeuden synnystä ja kehityksestä. Myös mikro- ja makromaailman yhtäläisyydet ja niiden tuntemattomuus kiehtovat. Kokemukseni mukaan keskustelu siirtyy helposti näihin aiheisiin liikkeen ja voimien yhteydessä, kun mietitään: ”Miksi Maa liikkuu?”

Ajanpuute fysiikan oppitunneilla ei ole tällaisten menetelmien käytön este. Kuusela (2005) toteaa liikunnanopetusta koskevassa väitöskirjatutkimuksessaan, että lopputuloksena hänelle on jäänyt enemmän aikaa tunneilla liikkumisen ohjaamiseen, kun oppilaiden vuorovaikutustaidot ovat lisääntyneet (Kuusela 2005, 3). Itselläni on samanlainen kokemus fysiikan opetuksesta. Hyvin pienessäkin ajassa voi tuoda tunneilla esiin uusia näkökulmia.

Aikaa keskusteluun jää, kun keskustelusta innostuneet oppilaat keskittyvät opiskeluun. Kiinnostavat näkökulmat lisäävät oppilaiden keskittymiskykyä ja aitoa innostusta.

Ennen fysiikan valinnaiskurssille kehittämäni materiaalia opetukseni oli jo varsin ihmisläheistä johtuen käytetystä oppikirjasta ja sen tehtävistä (Kärnä ym.1996; 1997: 1998a; 1998b). Mekaniikan lähtötehtävänä oppilaat mittaavat oman kehonsa mittasuhteita. Valoon lähdetään tutustumaan tehtävällä: ”Minä näen”. Oppilaat saavat kirjoitustehtäviä kuvitteellisista tilanteista: ”Mitä jos kitkaa ei olisi? Mitä jos sähköä ei olisi?” Yhdessä tehtävässä oppilaat vertaavat mekaniikan lakeja oman elämänsä ohjeisiin; luonnonlaeista onkin tullut mietelauseita (Kärnä 1994, 55). Olen saanut omilta oppilailtani tasokkaita kirjoituksia edellä mainituista aiheista. Muutamassa tapauksessa oppilaat, jotka kirjoittavat huonosti äidinkielen tunnilla, ovat onnistuneet erinomaisesti fysiikan kirjoitustehtävässä.

Ihmiskeskeiset tehtävät herättävät oppilaan kiinnostuksen, josta voi syntyä sisäinen motivaatio (vrt. Hidi & Harackiewicz 2000). Oman tutkimukseni sisällönanalyysin mukaan tämäntyyppisten tehtävien avulla voidaan toteuttaa koulun kasvatus-, asenne- ja arvotavoitteita (luku 8.1). Fysiikan valinnaiskurssi on tuonut fysiikan opetukseeni uusia piirteitä. Opetukseni on muuttunut entistä enemmän vuorovaikutteisemmaksi, ja opetuksen lähtökohtana ovat yleensä ihmiskeskeiset tehtävät ja ihmettelevät kysymykset. Joitakin tehtäväkokonaisuuksia olen ottanut mukaan fysiikan opetukseeni valinnaiskurssilta. Tärkeimpiä niistä ovat tieteen luonne ja kehitys sekä havainnointi, koska ne ovat tärkeitä vaiheita sekä tieteen että oppimisen prosessissa. Havainnointia voidaan käsitellä useissa eri yhteyksissä. Ensimmäiseksi 7.- luokkalaisten fysiikan kurssin alussa kerrotaan fysiikasta tieteenä vaikka Nalle Puh -tarinaan sovellettuna (Kärnä ym.1998a, 11). Myöhemmin havainnoinnin erilaisista tavoista, tulkinnallisuudesta ja rajoista, voidaan keskustella esimerkiksi valon ja äänen yhteydessä. Kysymykseen ”Mitä tiede on?” ja ”Mihin kysymykseen tiede pystyy vastaamaan?” on syytä palata myös muilla luokilla, jolloin voidaan harjoitella loogista päättelyä. Tieteen kehityksestä ja nykytilasta syntyy keskustelua monissa asiayhteyksissä. Historialliset henkilöt ja heidän tarinansa liittyvät tieteen kehitykseen ja ovat aina kiinnostavia. Lehtiartikkeleista löytyy ajankohtaista tietoa tieteen uusista saavutuksista.

Fysiikan vuorovaikutusten ohella käsittelen ihmisten välisiä vuorovaikutuksia ja laitan oppilaat miettimään hetkeksi vaikka tunteiden ja ajatusten olemusta. Vuorovaikutuksessa välittäjähiukkanen välittää informaatiota. Voidaan miettiä, mitä informaatiota voivat lähettää tai tallentaa kivet (vrt. radioaktiivisuus ja pii) ja miettiä tiedonvälitystä tietokoneissa ja puhelimessa.

Fysiikan valinnaiskurssin tehtäviksi kehitin väitteitä. Olen käyttänyt näitä tehtäviä luokanvalvojan tunneilla, liittyhän päättelykyky opiskelutaitoihin. Pohtiva ote opetuksessa sai 8.- luokkalaisten innostumaan väittelystä, ja keväällä 2007 pidin oppilaille väittelykerhoa, joka tulee jatkumaan. Väittelykerhossa käsittelen lyhyemmin ja tilanteen mukaan perusfysiikan opetuksessa fysiikan valinnaiskurssilla kokeilemiani aiheita.

9.3 Tutkimustulosten pohdintaa jatkotutkimusaiheiden kannalta

Fysiikan valinnaiskurssi toteutui vain kerran, koska oppilaiden valinnaisaineita supistettiin. Jos fysiikan valinnaiskurssi toteutuisi uudestaan, siitä ei tulisi niin opettajajohtoinen. Koska uudet aihepiirit ja näkökulmat olivat minulle uusia, harjoittelin niistä puhumista. Muutenkin

kurssi muotoutuisi aina uudeksi osallistujien ja tavoitteiden mukaan. Fysiikan valinnaiskurssin oppilaat olivat hyvin pohtivia ja heiltä tuli ”mystisiä” ehdotuksia mahdollisen uuden kurssin aiheiksi, esimerkiksi kuolema ja unet. Mystiikka kiinnostaa oppilaita tutkimuksenkin mukaan (Lavonen ym. 2005c). Ongelmana olisi näiden aiheiden liittäminen fysiikan oppiaineeseen. Oppilaat tekivät valinnaiskurssilla horoskoopeista esseitä, mutta eivät osanneet käsitellä niitä kovin tieteellisesti. He tarvitsevat enemmän opastusta tässä prosessissa. Uudella kurssilla käsitelisin enemmän tietoon ja tieteeseen liittyviä kysymyksiä ja myös enemmän tietoisuutta, josta syntyi yksi keskustelu kurssilla. Sitten voisin lisätä aiheen: ”Minä ja yhteiskunta, minä ja teknologia” ja myös ympäristöön liittyviä aiheita. Nämä aiheet kannustaisivat oppilasta aktiiviseksi ja vastuulliseksi kansalaiseksi, mikä on koulun kasvatustavoite.

Fysiikan valinnaiskurssin oppimateriaalissa (Kärnä 2001) näkyy laaja näkökulma fysiikan ilmiöihin. Laaja näkökulma on yksi tapa toteuttaa koulun kasvatustavoitteita fysiikan oppisisällöistä käsin. Lisäksi laaja näkökulma mahdollistaa sen, että oppilaan fysiikan antama maailmankuva rakentuu paremmin hänen kokemuksiinsa ja siitä tulee realistinen ja joustava. Laajat näkökulmat mahdollistavat tiedon siirron oppimisympäristöstä toiseen ja oppilas tiedostaa maailmankuvaansa ja oppimisprosessejaan. Moniin fysiikan perusopetuksen aiheisiin voi helposti tuoda uusia laajoja näkökulmia. Esimerkiksi fysiikan perusoppiaineeseen voi liittää tehtäviä ja keskusteluja havainnoinnista ja tieteen kehityksestä. Havaintojen tekemisen opettamisesta voidaan tehdä aktiivinen oppimisprosessi, jossa oppilas opetetaan havainnoimaan ulkopuolista todellisuutta ja itseään. Opetuksen lähtönäkökulman on hyvä olla oppilaiden omasta maailmasta. Myös fysiikan keskeisiä käsitteitä, kuten vuorovaikutusta, voi lähestyä samalla periaatteella.

Kokonaisvaltaista fysiikanopetusta tavoitteleva tutkimukseni antaa osaltaan tietoa fysiikan opetuksen kehittämisestä, kasvatus- ja arvotavoitteiden toteuttamisesta fysiikan tunneilla vuorovaikutuksellisten opetusmenetelmien avulla. Oppilaan tietoisuuden kehittäminen vaikuttaa hänen itsetuntoonsa, oppimisprosessiin ja maailmankuvan rakentumiseen. Tutkimukseni on puheenvuoro siitä, miten fysiikan opettaja toimii myös kasvattajana omassa yhteisössään. Tämä aihe on laaja ja vaatii lisää tutkimusta. Fysiikan valinnaiskurssilaisten diskursseista ja opettajan havainnoista nousi aineistoa, miten asenteen tai uskomuksen muutos tapahtuu ja miten se vaikuttaa oppimiseen. Tätä aihetta voi työstää edelleen. Tutkimukseni nostaa esille muita kiinnostavia jatkotutkimusaiheita, joiden avulla voidaan tarkentaa ja edelleen kehittää fysiikan opetusta kokonaisvaltaiseksi. Tutkimukseni mukaan havaintojen tekemisen opettaminen liittyy erityisesti itsetunnon, sosiaalisten taitojen, maailmankuvan kehittämiseen ja myös oppimisprosessiin. Uusia tutkimuksia voisi tehdä havaintojen opettamisen merkityksestä fysiikan ymmärtämiselle. Tutkimukseni mukaan tiedon suhteellisuuden ja kehittyvän fysiikan ilmiöiden esiintuominen fysiikan opetuksen yhteydessä edesauttaa oppilaan realistisen maailmankuvan kehittymistä ja oikean kuvan antamista fysiikan luonteesta sekä auttaa oppimisprosessin tiedostamisessa ja herättää kiinnostusta. Kehittyvän fysiikan esiintuomisen merkityksestä fysiikan opetuksessa voisi tehdä jatkotutkimuksia. Tutkimukseni nosti esiin vuorovaikutuksellisen opetuksen kehittämistä: Miten vuorovaikutusdiskurssit muuttuvat, kun niitä käyttää tietoisesti tavoitteiden saavuttamiseksi?

Myös siitä, kuinka opettajan pedagogisesta sisältötiedosta tulee tutkimustietoa, tarvitaan lisäselvitystä. Tutkimukseni on oman työni kehittämistä fysiikan opettajana ja prosessi, jossa löydän perusteluja opetuksellisiin ratkaisuihini. Tämä prosessi on ollut kiinnostava, vaativa ja antoisa.

10 Lähteet

- Aalto, M. 2002. Vuorovaikutustaidot. Forssa: Aseman lapset ry.
- Aaltola, J. & Syrjälä, L. 1999. Tiede, toiminta ja vaikuttaminen. Teoksessa H. L. T. Heikkinen & R. Huttunen & P. Moilanen (toim.) Siinä tutkija missä tekijä - toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja. Jyväskylä: Atena Kustannus, 11-24.
- Aaltonen, K. 2003. Pedagogisen ajattelun ja toiminnan suhde. Opetustaan integroivan opettajan tietoperusta lähihoitajakoulutuksessa. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Joensuun yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja N:o 89.
- Abbot, E. A. 1884/1997. Tasomaa. Suom. K. Pietiläinen Vaasa: Terra Gognita
- Aho, L. 1997/2002. Koulu, opetus ja oppiminen. Teoksessa M-L. Julkunen (toim.) Opetus, oppiminen, vuorovaikutus. 2. uusittu painos. Vantaa: WSOY, 14-34.
- Ahtee, M. 1994. The development in teaching of physics. Teoksessa M. Ahtee & E. Pehkonen. Constructivist Viewpoints for School Teaching and Learning in Mathematics and Science. University of Helsinki. Department of Teacher Education. Research Report 131, 43-50.
- Ahtee, M. 1997. Arkikäsitteistä tieteelliseen selitykseen. Esimerkkinä fysiikka. Teoksessa M. Ahtee & T. Markkanen (toim.) Tiedeopetus kouluissa. Mitä tiede ja tieteellisyys merkitsevät. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Studia Pedagogica 13, 19-26.
- Ahtee, M. 1998. Luonnontieteiden opettaminen ja konstruktivismi. Teoksessa J. Lavonen & M. Erätuuli (toim.) Tuulta purjeisiin: Matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle. Opetus 2000 -sarja. PS-viestintä. Juva: Atene kustannus, 138-153.
- Ahtee, M. 2003. Fysiikan ainetiedon muuttaminen pedagogiseksi sisältötiedoksi luokanopettajien koulutuksessa. Teoksessa A. Virta & O. Marttila (toim.) Opettaja, asiantuntijuus ja yhteiskunta. Ainedidaktinen symposium. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 92-100.
- Ahtee, M. & Pehkonen, E. 2000. Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan. Helsinki: Edita.
- Ahtee, M. & Pehkonen, E. 2005. Kuunteleminen- tärkeä osa kommunikaatiota matematiikan tunneilla. Kasvatus 36 (4), 299-306.
- Ahtee, M. & Sahlberg, P. 1989. Ajattelun kehittäminen. Teoksessa P. Sahlberg. Luonnontieteiden opetuksen työtapoja 2. Kouluhallitus. Finiste. Helsinki: Valtion Painatuskeskus, 23-36.
- Alasuutari, P. 1993/1999. Laadullinen tutkimus. 2. uudistettu painos. Tampere: Vastapaino.
- Andreas, S. C. 1987. Change your mind. And keep the change. Moab UT: Real People Press.
- Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J. & Dufresne, R. J. 2006. Designing effective questions for classroom response system teaching. American Journal of Physics 74 (1), 31-39.
- Tulostettu 14.07. 2006 <http://umperg.physics.umass.edu/library>
- Besson, U. 2004. Some features of causal reasoning: common sense and physics teaching. Research in Science & Technological Education. 22 (1), 113-124.
- Boud, D. & Walker, D. 1991. Experience and learning: Reflection at work. Australia: Deakin University Book production Unit.
- Cantell, H., Rikkinen, H. & Tani, S. 2007. Maailma minussa – minä maailmassa. Maantieteen opettajan käsikirja. Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Helsinki: Ylipistopaino.
- Carr, W. & Kemmis, S. 1986/1997. Becoming Critical. Education, Knowledge and Action Research. London: The Falmer Press.

- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. 2001. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. The State University of New Jersey. Department of Educational Psychology. Rutgers USA: New Brunswick, NJ 08901. Viitattu 20.03.2008 <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/90513046/PDFSTART>
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A. & King, R. A. 1993. Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education* 44, 263-272.
- Crouch, C. H., Fagen A. P., Callan, J. P. & Mazur, E. 2004. Classroom Demonstrations: Learning Tools or Entertainment? *American Journal of Physics* 72, 835-838. Tulostettu 30.7.2006 <http://mazor-www.harvard.edu/publications.php?function=search&topic=10>
- Davies, P. & Gribbin J. 1992. *The Matter Myth. Beyond Chaos and Complexity*. London: Penguin Books.
- Davies, P. 1994. Kolme viimeistä minuuttia. Tieteen huiput. Suom. R. Varteva. Juva: WSOY.
- Deutsch, D. 1997. Todellisuuden rakenne. Suom. K. Pietiläinen. Vaasa: Terra Cognita.
- Elliot, J. 1991. *Action research for educational change*. Milton Keynes: Open University Press.
- Elo, P. 1993. Koulun mahdollisuudet hyvään. Teoksessa T. Airaksinen, P. Elo, K. Helkama & B. Wahlström (toim.) *Hyvän opetus. Arvot, arvokeskustelu ja eettinen kasvatustutkimus koulussa*. Helsinki: Painatuskeskus, 70-94.
- Eloranta, V., Jeronen, E. & Palmberg, I. (toim.) 2005. *Biologia eläväksi. Biologian didaktiikka*. Keuruu: PS-kustannus.
- Engeström, Y. 1995. *Kehittävä työntutkimus*. Helsinki: Painatuskeskus.
- Enkenberg, J. 1998/2002. Uuden pedagogiikan perusta. Teoksessa M-L. Julkunen (toim.) *Opetus, oppiminen, vuorovaikutus. 2. uusittu painos*. Tummavuoren kirjapaino Oy, Vantaa: WSOY, 157-177.
- Enqvist, K. 1998. *Olemisen porteilla. Toinen painos*. Juva: WSOY.
- Enqvist, K. 2005. *Suhteellisuusteoriaa runoilijoille*. Dark. Oy. Vantaa: WSOY.
- Eskola, J. 1991. Kasvatustieteellinen ”todellisuus” ja diskursiiviset tulkinnat. *Kasvatus* 22 (5-6), 420-427.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere: Vastapaino.
- Feil, A. 2004. *Talking Physics: How the Ability to Communicate Physics Concepts Affects Learning*. University of Illinois at Urbana-Champaign. Tulostettu 14.07. 2006 <http://research.physics.uiuc.edu/PER/details.asp?paperid=17>
- Fernández-Balboa, J.-M. & Stiehl, J. 1995. The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education* 11(3), 293-306.
- Feynman, R. P. 1985/1991. *QED. Valon ja aineen ihmeellinen teoria*. Suom. K. Pietiläinen. Porvoo: Art House.
- Feynman, R. P. 2002. *Suhteellisen helppoa*. Suom. K. Pietiläinen. Helsinki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa.
- Gess-Newsome, J. 1999. Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. Teoksessa J. Gess- Newsome & N. G. Lederman (eds.) *Examining pedagogical content knowledge*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3-20.
- Goleman, G. 1997. *Tunneäly. Lahjakkuuden koko kuva*. Suom. J. Kankaanpää. Helsinki: Otava.
- Greene, B. 2000. *Kätketyt ulottuvuudet: supersäikeet, ajan halkeamat ja maailmanselityksen haaste*. Suom. M. Vänttinen. Helsinki: Otava.

- Gresser, P. 2006. A Study of Social Interaction and Teamwork in Reformed Physics Laboratories. Tulostettu 23.07.2006
<http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/perg/dissertations/Gresser/>
- Haapasalo, L. 1998. Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu. Kolmas tarkistettu painos. Joensuu: MEDUSA-Software.
- Hakkarainen, K., Bollström-Huttunen, M., Pyysalo, R. & Lonka, K. 2005. Tutkiva oppiminen käytännössä. Matkaopas opettajille. Helsinki: WSOY.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 2001. Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. Helsinki: WSOY.
- Hakkarainen, P. 2002. Opetussuunnitelma ja kehittävä opetustyö. Kasvatus 33 (4), 350-362.
- Hannukkala, M. 2003. Elämään ja tulevaisuuteen: tapaustutkimus peruskoulun 9.luokan Elämäntaito-kurssista. Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos.
- Hannula, A. 2000. Tiedostaminen ja muutos Paulo Freiren ajattelussa. Systemaattinen analyysi Sorrettujen pedagogiikasta. Helsingin yliopisto. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Kasvatustieteen laitos. Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopiston verkkojulkaisut. Tieto tulostettu 1.7.2008.
<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/kas/kasva/vk/hannula/>
- Hannula, I. 2005. Need and possibilities of astronomy teaching in the Finnish comprehensive school. University of Helsinki. Department of physical sciences. Academic Dissertation. Tulostettu 20.1.2006 <http://www.thesis.helsinki.fi/>
- Hannula, M. 2004. Affect in mathematical thinking and learning. University of Turku, Faculty of Education. Doctoral dissertation. Turku: Turun yliopiston julkaisuja.
- Hartikainen, A. 2007. Seitsemäsluokkalaisten oppilasryhmän interpsykologiset oppimisprosessit tutkivan oppimisen kontekstissa. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisiä julkaisuja N:o 124. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
- Hashweh, M. Z. 2005. Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. Teachers and Teaching: theory and practice 11(3), 273-292.
- Hautamäki, J., Arinen, P., Hautamäki, A., Kupiainen, S., Bergholm, B., Mehtäläinen, J., Niemivirta, Rantanen, P. & Scheinin, P. 2002. Oppimaan oppiminen toisen asteen koulutuksessa. Oppimistulosten arviointi 2/2002. Helsinki: Opetushallitus.
- Hawking, S. 2003. Maailmankaikkeus pähkinänkuoressa. Suom. R. Varteva. Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä: WSOY.
- Heikkinen, H. L. T. 2001. Toimintatutkimus - toiminnan ja ajattelun taitoa. Teoksessa J. Aaltola & R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin I: metodin valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. Jyväskylä: PS-kustannus, 170-185.
- Heikkinen, H. L. T., Huttunen, R., Niglas, K. & Tynjälä, P. 2005. Kartta kasvatustieteen maastosta. Kasvatus 5, 340-354.
- Heikkinen, H. L. T. & Jyrkämä, J. 1999. Mitä on toimintatutkimus? Teoksessa H. L. T. Heikkinen & R. Huttunen, P. Moilanen (toim.) Siinä tutkija missä tekijä - toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja. Jyväskylä: Atena Kustannus, 25-62.
- Heisenberg, W. 1958/ 2000. Fysiikka ja filosofia: modernin tieteen vallankumous. Suom. R. Vilkkö. Art House. Jyväskylä: Gummerus.
- Heiskala, R. 1990. Tulkinnan koeteltavuus ja aikakauslehtien analyysi. Teoksessa K. Mäkelä (toim.) Kvalitatiivisen aineiston analyysi ja tulkinta. Helsinki: Gaudeamus, 242-263.
- Henderson, C. 2002. Faculty Conceptions About the Teaching and Learning of Problem Solving in Introductory Calculus-Based Physics. University of Minnesota. Physics Education. Research and Development. Unpublished Doctoral Dissertation. Tulostettu 23.07. 2006 <http://groups.physics.umn.edu/physed/People/charles.htm>
- Henderson, C. 2005. The challenges of instructional change under the best of circumstances: A case study of one college physics instructor. American Journal of Physics (Physics

- Education Research Section) 73 (8), 778-786. Tulostettu 23.07.2006
<http://homepages.wmich.edu/~chenders/Publications/PERS2005.pdf>
- Henderson, C., Yerushalmi, E., Heller, K., Heller, P. & Kuo, V. 2006. Physics Faculty Beliefs and Values about the Teaching and Learning of Problem Solving Part II: Procedures for Measurement and Analysis. Physical Review Special Topics: Physics Education Research. Tulostettu 23.07.2006
<http://homepages.wmich.edu/~chenders/Publications/PRSTMethodSubmitted.pdf>
- Hidi, S. & Harackiewicz, J. M. 2000. Motivating the academically unmotivated: a critical issue for the 21st century. Review of educational research 70 (2), 151-179.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997/2005. Tutki ja kirjoita. 11. painos. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Hodson, D. 1986. The nature of scientific observation. School Science Review, 68, 17-30.
- Hodson, D. 1993. Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: Some preliminary findings. Interchange 24 (1-2), 41-52.
- Hoffmann L. 1997. An Intervention Project Promoting Girls' and Boys' Interest In Physics: Opening the Door to Physics for Girls. Paper presented at the ESERA Symposium: Gender Issues and Physics. First Conference of the European Science Education Research. Association in Rome 1997.
- Hogan, K., Nastasi, B. K. & Pressley, M. 1999. Discourse Patterns and Collaborative Scientific Reasoning in Peer and Teacher-Guided Discussions. Cognition and Instruction, 17(4), 379-432.
- Jalonen, L. 2005. Ainedidaktiikka- mitä se on. Viitattu 22.3.2008
<http://cc.oulu.fi/~ljalonen/Kurssit/AD/Ainedidaktiikka>
- Jauhiainen, J. 2005. Students' conceptual understanding and its relation to teachers' pedagogical content knowledge in the case of newtonian mechanics. Helsinki: Helsingin yliopisto, fysikaalisten tieteiden laitos. Licentiate thesis. Viitattu 10.04.2008 <http://per.physics.helsinki.fi/kirjasto/ont/jjauhiainen/index.html>
- Jauhiainen, P. 1995. Opetussuunnitelmatyö koulussa. Muuttuuko yläasteen opettajan työ ja ammattikuva? Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 154. Helsinki: Yliopistopaino.
- Jokela, T. 1997. Ympäristö, esteettinen kasvu ja taide. Teoksessa M. Käpylä & R. Wahström (toim.) Vihreä ihminen. Ympäristökasvatuksen menetelmäopas 2. Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen oppimateriaaleja 25. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskus, 9-24.
- Jokinen, A. & Juhila, K. 1999. Diskurssianalyttisen tutkimuksen kartta. Teoksessa A. Jokinen, K. Juhila & E. Suoninen (toim.) Diskurssianalyysi liikkeessä. Tampere: Vastapaino, 56-81.
- Jung, C. G. 1960. On the nature of Psyche. Translated by Hull R. F. C. New York: Bollingen Foundation.
- Juntunen, M. 1986. Edmund Husserlin filosofia. Helsinki Gaudeamus.
- Juuti, K. 2005. Towards Primary School Physics Teaching and Learning. Design Research Approach. The Faculty of Behavioural Sciences in the University of Helsinki. Academic Dissertation. Research Report 256.
- Juuti, K., Lavonen, J. & Meisalo, V. 2004. Tytöt ja pojat huomioon ottavaa fysiikkaa. Dimensio 68 (5), 38-41.
- Järvilehto, T. 1994. Ihminen ja ihmisen ympäristö. Prometheus. Oulu: Kirjapaino Osakeyhtiö Kaleva.
- Kaku, M. 1996. Uusia ulottuvuuksia. Hyperavaruus. Suom. K. Pietiläinen. Art House. Juva: WSOY.

- Kallio, E. 2005. Kasvatus hajoavassa ajassa. Nuorten arvot ja moraalikasvatuksen mahdollisuudet. Koulutuksen tutkimuslaitos. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Kallioniemi, A. & Kaivola, T. 2003. Persoonallisesti merkittävät oppimiskokemukset ja aineenopettajankoulutus. Teoksessa A. Virta & O. Marttila (toim.) Opettaja, asiantuntijuus ja yhteiskunta. Ainedidaktinen symposium. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 241-247.
- Kallio-Tamminen, T. 2004. Quantum metaphysics. The Role of Human Beings within the Paradigms of Classical and Quantum Physics. The University of Helsinki. The Faculty of Arts. Department of Philosophy, Theoretical Philosophy. Academic dissertation. Tulostettu 28.2.2008
<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/hum/filos/vk/kallio-tamminen/>
- Kansanen, P. 1990. Didaktiikan tiedetausta. Kasvatuksen teoriaa didaktiikan näkökulmasta. Helsinki: Yliopistopaino.
- Kansanen, P. 2000. Pedagogisen ajattelun kehitys - itsenäisyyden illuusio. Teoksessa Viisi polkua opettajasta tutkijaksi. Opetus 2000. Juva: PS-Kustannus, 61-107.
- Kansanen, P. 2004. Opetuksen käsitemaailma. Opetus 2000. Juva: PS-Kustannus.
- Karlsson, L. 2000. Lapsille puheenvuoro. Ammattikäytännön perinteet murroksessa. Helsingin yliopisto. Kasvatuspsykologian tutkimusyksikkö. Stakes ja Helsingin yliopiston kasvatuspsykologinen tutkimusyksikkö. Tutkimuksia 1/2000. Helsinki: Edita Oy.
- Keltikangas-Järvinen, L. 2001. Hyvä itsetunto. Yhdestoista painos. Helsinki: WSOY.
- Keinonen, T. 2005. Primary school teacher students views of science.
 (Luokanopettajaopiskelijoiden näkemyksiä luonnontieteistä sekä niiden opettamisesta ja oppimisesta). Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Akateeminen väitöskirja. Kasvatustieteellisiä julkaisuja n:o 105. Joensuu. Tulostettu 30.8. 2006
http://joypub.joensuu.fi/publications/dissertations/keinonen_science/keinonen.pdf
- Kiikeri, M. & Ylikoski, P. 2004. Tiede tutkimuskohteena. Filosofinen johdatus tieteentutkimukseen. Tampere: Gaudeamus.
- Kincheloe, J. L. & McLaren, P. 2000. Rethinking Critical Theory and of Qualitative Research. Teoksessa N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (toim.) Handbook of qualitative research. Inc. California: SAGE Publications, 279-314.
- Kincheloe, J. L. 2003. Teachers as Researchers. Qualitative Inquiry as a Path to Empowerment. Second Edition. London, New York: RoutledgeFalmer.
- Kitchener, K. S., Lynch, C. L., Fischer, K. W. & Wood, P. K. 1993. Developmental range of reflective judgement: The effect of contextual support and practice on developmental stage. Developmental psychology 29, 893-906.
- Kiviahde, M. 2005. Effects of Authentic Learning and e-Learning in an Introductory Chemistry Laboratory Course (Autenttisen oppimisen ja e-oppimisen vaikutus kemian laboratoriotöiden johdantokurssilla). Oulun yliopisto. Luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos. Akateeminen väitöskirja.
- Kiviniemi, K. 1999. Toimintatutkimus yhteisöllisenä prosessina. Teoksessa H. L.T. Heikkinen, R. Huttunen & P. Moilanen (toim.) Siinä tutkija missä tekijä - toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja. Jyväskylä: Atena Kustannus, 11-24.
- Kiviniemi, K. 2001. Laadullinen tutkimus prosessina. Teoksessa J. Aaltola & R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin II: näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. Jyväskylä: PS-kustannus, 68-84.
- Korventausta, I. 2002. Luonnontieteellinen maailmankuva ja oppimistyyli. Helsingin Yliopisto. Fysikaalisten tieteiden laitos. Lisensiaatintutkimus. Tulostettu 26.3.2006
<http://per.physics.helsinki.fi/kirjasto/ont/ikorventausta/ltmk.pdf>

- Koskenniemi, M. 1977. Sosiaalinen kasvatus koulussa. Viides painos. Helsinki: Otava.
- Kosunen, T. & Huusko, J. 2002. Opetussuunnitelma opettajan työn ja kouluyhteisön kehittämisen välineenä. Teoksessa M-L. Julkunen (toim.) Opetus, oppiminen, vuorovaikutus. 2. uusittu painos. Vantaa: WSOY, 202-222.
- Kuhn, T. S. 1962/1994. Tieteellisen vallankumouksen rakenne. Suom. K. Pietiläinen. Art House Oy. Juva: WSOY.
- Kumar, A. & Brown, R. A. 1999. Teaching science from a world- cultural view point. *Science as Culture* 8 (3), 357-361
- Kumpulainen, K. 2002. Yhteistoiminnallinen oppiminen vertaisryhmässä: tutkimuskatsaus. *Kasvatus* 33 (3), 252–265. Tulostettu 29.8. 2006
<http://ktl.jyu.fi/arkisto/kasvatus/kasv2002.htm#k023d>
- Kumpulainen, K. & Wray, D. 2002. Classroom Interaction and Social Learning: From Theory to Practice. London: Routledge Falmer.
- Kurki-Suonio, K. 1995. Mahtuuko arkipäivän moninaisuus fysiikan malleihin? Mistä syntyy oppilaan epävarmuus? *Dimensio* 59 (2), 54-58.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. 1991. Tutkimuksen ja oppimisen perusprosessit. *Dimensio* 5, 18-24.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. 1994/1998a. Fysiikan merkitykset ja rakenteet. 3.muuttumaton painos. Helsinki: Limes ry.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. 1998b. Ajatuksia didaktisesta fysiikasta. Teoksessa J. Lavonen & M. Eräutuuli (toim.) Tuulta purjeisiin. Matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle. Opetus 2000 -sarja. PS-viestintä. Juva: Atena kustannus, 62-82.
- Kuusela, A. & Niiniluoto, I. 1989. TIETO- hyvän elämän perusta. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kuusela, M. 2005. Sosioemotionaalisten taitojen harjaannuttaminen, oppiminen ja käyttäminen perusopetuksen kahdeksannen luokan tyttöjen liikuntatunneilla. Akateeminen väitöskirja Jyväskylä: Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja, numero 165.
- Krapp, A. 1999. Interest, motivation and learning. An educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education* 14, 23-40.
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, A. 1992. Interest, learning and development. Teoksessa K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (toim.) The role of interest in learning and development. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Kyngäs, H. & Vanhanen, L. 1999. Sisällön analyysi. *Hoitotiede* 11, 3-12.
- Kärnä, P. 2008. Erilaisten keskustelujen merkitys oppimisprosessissa. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Aineenopettajan koulutuslinja. Cumlaude-tutkimus. Julkaisematon moniste.
- Lahdes, E. 1997. Peruskoulun uusi didaktiikka. Keuruu: Otava.
- Laitinen, S. 2003. Hyvää ja kaunista: kuvataideopetuksen mahdollisuuksista nuorten esteettisen ja eettisen pohdinnan tukena. Taideteollinen korkeakoulu Helsinki: Taideteollisen korkeakoulun julkaisu A:39.
- Latomaa, T. 2005. Ymmärtävä psykologia: Psykologia rekonstruktivisena tieteenä. Teoksessa J. Perttula & T. Latomaa (toim.) Kokemuksen tutkimus. Merkitys - tulkinta - ymmärtäminen. Helsinki: Dialogia, 17-88.
- Launonen, L. 2007. Koulun arvotietoisuus. Teoksessa O. Ikonen & P. Virtanen (toim.) Erilainen oppija - yhteiseen kouluun. Kokemuksia yksilöllisyyden ja yhteisöllisyyden kehittämisestä. Opetus 2000. Juva: PS-kustannus, 133-140.
- Laurikainen, K.V. 1997. Tieteellä on rajansa - Kvanttiteoria ja todellisuus. Helsinki. Yliopistopaino.

- Laursen, P. F. 2006. Aito opettaja. Opas autenttiseen opettajuuteen. Suom. K. Kontturi. Finn Lectura. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Lautala, R. 2000. Hahmottavan lähestymistavan toimivuus peruskoulun ja lukion aaltoliikeopin opetuksessa. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos. Lisensiaatin tutkimus. Tulostettu 10.3.2008 http://per.physics.helsinki.fi/kirjasto/ont/rl/lis_tutkimus.pdf
- Lavonen, J. & Meisalo, V. 1997. Arvioinnin monipuolistaminen fysiikassa ja kemiassa. Osa 1. Dimensio 61 (6), 4–10.
- Lavonen, J., Juuti, K., Byman, R., Uitto, A. & Meisalo, V. 2005a. Fysiikan ja kemian opetuksen työtavat. Oppilaiden ja opettajien odotukset peruskoulussa. Dimensio 69(1), 22-24
- Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V. & Byman, R. 2005b. Lukion fysiikan opetuksen työtavat ja niiden monipuolistaminen: Survey tutkimus opiskelijoiden käsityksistä. Teoksessa L. Jalonen, T. Keranto, & K. Kaila (toim.) Matemaattisten aineiden opettajien taitotietohaaste vai mahdollisuus? Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuspäivät Oulussa 25.-26.11-2004. Oulun yliopisto. Oulu: Oulu University Press, 215-226.
- Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V., Uitto, A. & Byman, R. 2005c. Luonnontieteiden opetuksen kiinnostavuus peruskoulussa. Tulostettu 15.10. 2005 <http://www.mirror4u.net/opettajat/>
- Lavonen, J., Juuti, K. & Meisalo, V. 2005d. Perustelemaan oppiminen väitekorttien avulla. Teoksessa MIRROR: Motivoivat materiaalit ja innovatiiviset työtavat opetuksen tukena: Mirror tuloksia ja hyviä käytänteitä. Helsinki: teknologiateollisuus. Viitattu 15.10. 2005 <http://www.mirror4u.net/materiaalit.html>
- Lavonen, J., Meisalo, V. & Juuti, K. 2005e. Oppilaiden kiinnostuksen huomioon ottaminen fysiikan opetuksessa. Arkhimedes 4, 16-20
- Lavonen, J., Meisalo, V. & ym. 2006. Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapoapas. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta. Matemaattisten aineiden opetuksen tutkimus- ja kehittämiskeskus. Tulostettu 12.8. 2006 <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>
- Lepola, J. & Vauras, M. 2002. Oppiminen ja motivaation kehittyminen. Teoksessa E. Lehtinen & T. Hiltunen (toim.) Oppiminen ja opettajuus. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisuja B:71. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 13-38.
- Lincoln, Y. & Guba, E. 1985. Naturalistic inquiry. Beverly Hills, CA: Sage
- Linnansaari, H. 2004. Toimintatutkimus-tutkimus muutoksen palveluksessa. Teoksessa P. Kansanen & K. Uusikylä (toim.) Opetuksen tutkimuksen monet menetelmät. Opetus 2000. Juva: PS-kustannus, 113-131.
- Lipman, M. 2003. Thinking in Education. United Kingdom: Cambridge university press.
- Lippmann, R. 2003. Students' understanding of measurement and uncertainty in the physics laboratory: Social construction, underlying concepts, and quantitative analysis. University of Maryland. Doctoral dissertation. Tulostettu 18.6. 2006 <http://www.physics.umd.edu/perg/dissertations/Lippmann/Body.pdf>
- Lorenzo, M., Crouch, C. H. & Mazur, E. 2006. Reducing the gender gap in the physics classroom. American Journal of Physics, 74, 118-122 (2006). Tulostettu 18.6. 2006 <http://mazor-www.harvard.edu/research/detailspage.php?ed=1&rowid=9>
- Lähteenoksa, M. 2005. Kokonaisena. Teoksessa E. Kejonen & H. Vuori "Käsissä käsittäminen" – puheenvuoroja Veeran Verstaan tyttöjen työpajalta. Kansan Sivistystyön Liitto KSL ry. Oulu: Kalevaprint, 55-85.
- Maalampi, J. 2006. Maailmanviiva. Albert Einstein ja moderni fysiikka. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry 2006. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. 1999. Nature, Sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Teoksessa J. Gess- Newsome & N. G. Lederman (eds.) PCK and Science Education. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 93-132.
- Makkonen, T. 2003. Luokanopettajat ja fysiikka. Helsingin yliopisto. Fysikaalisten tieteiden laitos. Lisensiaatintutkimus.
- Malinen, P. 1992. Opetussuunnitelmat koulutyössä. Helsinki: VAPK-kustannus.
- Manninen, J. 1987. Maailmankuvat maailman ja sen muutoksen heijastajina. Teoksessa J. Manninen, A. Leikola & I. Niiniluoto (toim.) Dialektiikan ydin. Prometheus. Jyväskylä: Pohjoinen, 129-155.
- Marchand, H. 2001. Some reflections on post-formal thought. The genetic epistemologist 29,3. Tulostettu 4.08.2008. <http://www.piaget.org/GE/2001/GE-29-3.html#item2>
- Marks, R. 1990. Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. Journal of Teacher Education 41(3), 3-11.
- Matikainen P. 1997. Ympäristöetiikka ja eri ismit. Teoksessa M. Käpylä & R. Wahström (toim.) Vihreä ihminen. Ympäristökasvatuksen menetelmäopas 2. Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen oppimateriaaleja 25. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskus, 213- 216.
- McNeill, J. R. & McNeill, W. H. 2006. Verkostunut ihmiskunta. Yleiskatsaus maailmanhistoriaan. Tampere: Vastapaino.
- McNiff, J. 1988/1995. Action Research. Principles and Practice. Chatham, Kent: Mackays of Chatham PLC.
- McNiff, J. & Whitehead, J. 2006. All you need to know about Action Research. London: Sage Publications.
- Meisalo, V. & Lavonen, J. 1994. Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa. Helsinki: Opetushallitus.
- Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. 2000. Modernit oppimisympäristöt. Tietotekniikan käyttö opetuksen ja oppimisen tukena. Tietosanoma. Juva: WS Bookwell Oy.
- Mercer, N. 1995. The guided construction of knowledge. Talk amongst teachers and learners. Multilingual Matters Ltd. Clevedon.
- Meri, M. 1998. Ole oma itsesi. Reseptologinen näkökulma hyvään opetukseen. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 194. Helsinki: Hakapaino.
- Metsämuuronen, J. 2006a. Metodologian perusteet ihmistieteessä. Teoksessa J. Metsämuuronen (toim.) Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Jyväskylä. Gummerus, 16-80.
- Metsämuuronen, J. 2006b. Laadullisen tutkimuksen perusteet. Teoksessa J. Metsämuuronen (toim.) Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Jyväskylä. Gummerus, 81-150.
- Mikkola, T. 1997. Arvot ja ympäristö. Uuden keskiluokan ympäristöarvot ja -asenteet maailmankuvallisen muutoksen heijastajana. Teoksessa H. Helve (toim.) Arvot, maailmankuvat, sukupuoli. Helsinki: Yliopistopaino, 95-139.
- Morine-Dershimer, G. & Kent, T. 1999. The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. Teoksessa J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.) PCK and Science Education. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 21-50.
- Mäkelä, K. 1990. Kvalitatiivisen analyysin arviointiperusteet. Teoksessa K. Mäkelä (toim.) Kvalitatiivisen aineiston analyysi ja tulkinta. Helsinki: Gaudeamus, 42-61.
- Mäkinen, L. 1998. Oppilaan itseohjautuvuus ja sitä edistävä ohjaus peruskoulun yläasteelle siirtymisen vaiheessa. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisä julkaisuja N:o 46.
- Mäki-Opas, A. 1999. Murtuneet Siivet - auttamisen ja muuttumisen mahdollisuudet. Helsinki: Kirjayhtymä.

- Mönkkönen, H. & Enkenberg, J. 1996. Situated Learning and Instructional Design. – Implementatuion of the Strategies of Situated Learning in Computer- Based Environments. Joensuun Yliopisto. Kasvatustieteellisen tiedekunnan selosteita N.o 61. Joensuun yliopistopaino.
- Niikko, A. 2001. Tutkiva opettaja ongelmanratkaisijana. Teoksessa J. Aaltola, & R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmenetelmiin I: metodin valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. Jyväskylä: PS-kustannus, 186-202.
- Niiniluoto, I. 1984/2002. Johdatus tieteen filosofiaan. Helsinki: Otava.
- Niiniluoto, I. 1984. Tiede, filosofia ja maailmankatsomus. Keuruu: Otava.
- Niiniluoto, I.1994. Vastakohtien kautta maailmankuvaan - tarvitseeko tiede ristiriitoja. Teoksessa R. Lehti & T. Markkanen (toim.) Tieteen tienhaaroja – ristiriitojen kautta tietoon. Helsinki: Ursa, 141-153.
- Nivalainen, V. & Hirvonen, P. E. 2003. Käsitteelliset tekstit - mahdollinen lähtökohta käsitteellisen ymmärryksen tarpeen havaitsemiselle fysiikan opettajakoulutuksessa. Teoksessa A. Virta & O. Marttila (toim.) Opettaja, Asiantuntijuus ja yhteiskunta. Ainedidaktinen symposium. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 130-136.
- Norris, S. P. 1985. The philosophical basis of observation in science and science education. Journal of Research in Science Teaching, 22 (9), 817-833.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. 1995. Opi oppimaan. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Novak, J. D. 2002. Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö. Käsitekartat työvälineenä oppilaitoksissa ja yrityksissä. Suom. M. Åhlberg. Keuruu: PS-kustannus.
- Nuorikkala, A. 1994. Käsitekarttastrategian käyttö ala- asteella. Teoksessa J. Tähtinen (toim.) Opettajuuden eväät. Kirjoituksia oppimisesta, opetuksesta ja opettajankoulutuksesta. Turun yliopisto. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta. Julkaisusarja B:47. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 421-438.
- Nulpponen, J. 2000. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen huomioiminen peruskoulun yläasteen fysiikan opetuksessa. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos. Pro gradu. Viitattu 7.3.2008 <http://per.physics.helsinki.fi/kirjasto/ont/jn/gradu.pdf>
- Nyman, G. 2005. Havainnot ja luonnontieteellinen maailmankuva: Vain suhteiden havaitseminen on mahdollista. Teoksessa J. Rydman (toim.) Suhteellista. Einsteinin suhteellisuusteorian jalanjäljillä. Tieteen päivät 2005. Kustannus ja Tieteellisen seurain valtuuskunta. Helsinki: Yliopistopaino, 219-228.
- Ojanen, S. 2000. Ohjauksesta oivallukseen. Ohjausteorian kehittelyä. Helsingin yliopiston tutkimus- ja koulutuskeskus Palmenia. Oppimateriaaleja 91.
- Park, S. & Oliver, J. S. 2008. Revisiting the conceptualizations of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education 38(3), 261-284.
- Patrikainen, R. & Myller, L. 2002. Opettajan pedagogisen ajattelun peruspilareita. Teoksessa M-L. Julkunen (toim.) Opetus, oppiminen, vuorovaikutus. 2. uusittu painos. Vantaa: WSOY, 182-201.
- Perttula, J. 2005. Kokemus ja kokemuksen tutkimus: Fenomenologisen erityistieteen tieteenteoria. Teoksessa J. Perttula & T. Latomaa (toim.) Kokemuksen tutkimus. Merkitys - tulkinta - ymmärtäminen. Helsinki: Dialogia, 115-162.
- Piaget, J. 1977. Lapsen psykologia. Suom. M. Rutanen. Jyväskylä: Gummerus.
- Pietarinen, J. & Rantala, S. 2002. Koulu sosiaalisena ympäristönä yläasteelle 2002. Opetussuunnitelma opettajan työn ja kouluyhteisön kehittämisen välineenä. Teoksessa M-L. Julkunen (toim.) Opetus, oppiminen, vuorovaikutus. 2. uusittu painos. Vantaa: WSOY, 225-241.

- Pietilä, A. 2002. Luokanopettajien matematiikkakuva. Matematiikkakokemukset matematiikkakuvan muodostajina. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 238.
- Popper, K. R. 1963/1995. Arvauksia ja kumoamisia. Suom. E. Eerola. Tampere: Gaudeamus.
- Popper, K. R. & Eccles, J. C. 1947/1977. The self and its Brain. Germany. Berlin: Springer International.
- Puolimatka, T. 1995. Kasvatus ja filosofia. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Puolimatka, T. 2002. Opetuksen teoria: konstruktivismista realismiin. Helsinki: Tammi.
- Puolimatka, T. 2004. Kasvatus, arvot ja tunteet. Helsinki: Tammi.
- Rajakorpi, A. & Salmio, K. (toim.) 2001. Toteutuuko kestävä kehitys kouluissa ja oppilaitoksissa? Arviointi 3/2001. Opetushallitus. Helsinki: Yliopistopaino.
- Rajantie, A. 2005. Kosminen inflaatio ja pimeä energia. Teoksessa J. Rydman (toim.) Suhteellista. Einsteinin suhteellisuusteorian jalanjäljillä. Tieteen päivät 2005. Kustannus ja Tieteellisen seurain valtuuskunta. Helsinki: Yliopistopaino, 116-125.
- Rauhala, L. 1998. Ihmisen ainutlaatuisuus. Helsinki: Yliopistopaino.
- Rauste-von Wright, M., von Wright, J. & Soini, T. 2003. Oppiminen ja koulutus. 9. uudistettu painos. Juva: WSOY.
- Rebello, N. S. & Zollman, D. A. 2004. The Effect of Distracters on Student Performance on the Force Concept Inventory. Physics Education Research: A Supplement to the American Journal of Physics 72 (7), 116-125.
- Rebello, N. S., Zollman, D. A., Allbaugh, A. R., Engelhardt, P. V., Gray, K.E., Hrepic, Z. & Itza-Ortiz, S. F. 2005. Dynamic Transfer: A Perspective from Physics Education Research. In J. P. Mestre (Ed.) Transfer of Learning: Research and Perspectives.. Kansas State University. Department of Physics. Manhattan, Greenwich, CT: National Science Foundation, 217-250.
- Rees, M. 2001/2002. Avaruuden avainluvut. Suom. R. Varteva. Dark Oy. Vantaa: WSOY.
- Rummukainen, K. 2005. Aineen synty. Teoksessa J. Rydman (toim.) Suhteellista. Einsteinin suhteellisuusteorian jalanjäljillä. Tieteen päivät 2005. Kustannus ja Tieteellisen seurain valtuuskunta. Helsinki: Yliopistopaino, 126-132.
- Ruohotie, P. 1998. Motivaatio, tahto ja oppiminen. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Ruohotie, P. 2000. Oppiminen ja ammatillinen kasvu. Porvoo: WSOY.
- Rutherford, F. J., Ahlgen, A. & Warren, P. S. 1989. Science for All Americans. A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology. American Association for the Advancement of Science. Washington: AAAS Publication.
- Saari, H. 1997. Mallien käyttö luonnontieteen oppimisessa ja opetuksessa. Joensuun normaalikoulun julkaisuja N:10. Joensuun yliopistopaino.
- Saarikko, H. 1999. Fysiikan historian luentoja. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos.
- Saarikko, H. 1998. Fysiikan ja Luonnonfilosofiaan historia osana inhimillistä kulttuuria. Teoksessa J. Lavonen & M. Erätuuli (toim.) Tuulta purjeisiin: Matemaattisten aineiden opetus 2000 -luvulle. Opetus 2000 -sarja. PS-viestintä. Juva: Atene kustannus, 98-105.
- Saarinen, E. 1985/1995. Länsimaisen filosofian historia. Huipulta huipulle. Sokrateesta Marxiin. Viides painos. Porvoo-Helsinki-Juva: WSOY.
- Sahlberg, P. 1997a. Opettajana koulun muutoksessa. Opetus 2000. Juva: WSOY.
- Sahlberg, P. 1997b. Opetusmenetelmät ja hyvin menestyvä koulu. Teoksessa R. Jakku-Sihvonen (toim.) Onnistuuko oppiminen. Oppimistuloksien ja opetuksen laadun arviointiperusteita peruskoulussa ja lukiossa. Arviointi 3/1997. Opetushallitus. Helsinki: Yliopistopaino, 449-465.
- Sahlberg, P & Leppilampi, A. 1994. Yksinään vai yhteisvoimin? Yhdessäoppimisen mahdollisuuksia etsimässä. Helsingin Yliopisto. Vantaan täydennyskoulutuslaitos.

- Sahlberg, P. & Sharan, S. 2002. Yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmien oppiminen. Teoksessa P. Sahlberg & S. Sharan (toim.) Yhteistoiminnallisen oppimisen käsikirja. Helsinki: WSOY, 367-384.
- Salmio, K. 2004. Esimerkkejä peruskoulun valtakunnallisesta arviointihankkeista kestävän kehityksen didaktiikan näkökulmasta. Joensuun Yliopisto. Akateeminen väitöskirja. Joensuu: Kasvatustieteellisiä julkaisuja nro 98.
- Savinainen, A. 2003. Suomen Akatemian Tiede03 -tiedekatselmuksen tiedotuslehti 2/03.
- Savinainen, A. 2004. High school students' conceptual coherence in the case of the force concept. University of Joensuu. Department of Physics. Dissertations 41.
- Savinainen, A. & Viiri, J. 2005. Vuorovaikutuskaavio - tehokas väline voimakäsitteen opetukseen (Interaction Diagram - an Effective Tool for Teaching the Force Concept). *Dimensio* 3, 63 - 65.
- Sharan, S. & Sahlberg, P. 2002. Tutkimustietoa yhteistoiminnallisesta oppimisesta. Teoksessa P. Sahlberg & S. Sharan (toim.) Yhteistoiminnallisen oppimisen käsikirja. Helsinki: WSOY, 385-406.
- Shulman, L. S. 1986. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. 1987. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L. S. 1999. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Teoksessa J. Leach & R. E. Moon (eds.) *Learners & pedagogy*. London: Paul Chapman Publishing in association with The Open University, 61-77.
- Sikkelä, R. 2001. Luokanopettajaksi opiskelevien persoonallisesti merkittävät oppimiskokemukset. *Kasvatus* 32 (1), 15-23.
- Sinnemäki, M. & Ahtee, M. 2004. Fysiikan tehtävien laadinta ja arviointi. *Dimensio* 2, 22-27.
- Sinnemäki, M. 2003. Newtonin mekaniikkaan liittyvät tehtävät suomalaisissa ja itävaltalaisissa fysiikan oppikirjoissa. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos. Fysiikan pro gradu -tutkielma.
- Smith, B. K. & Reiser, B. J. 2005. Explaining behavior through observational investigation and theory articulation. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(3), 315-360.
- Sormunen, K. 2004. Seitsemäsluokkalaisten episteemiset käsitykset luonnontieteiden opiskelun yhteydessä. Joensuun Yliopisto. Akateeminen väitöskirja. Kasvatustieteellisiä julkaisuja nro 95.
- Sulonen, K. 2004. Opetussuunnitelman uudistamistyö opettajan ammatillisen kasvun välineenä -kohteena peruskoulun kotitalouden opetus. Helsingin yliopisto. Käyttätutkimustieteellinen tiedekunta. Akateeminen väitöskirja. Kotitalous ja käsityötieteiden laitoksen julkaisuja 13. Viitattu 3.5.2006 <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/kas/kotit/vk/sulonen/>
- Suojanen, U. 1992. Toimintatutkimus koulutuksen ja ammatillisen kehittymisen välineenä. Loimaa: Oy Finn Lectura Ab.
- Stenholm, S. 1994. Atomimaailman oliot - totta vai kuvittelua. Teoksessa R. Lehti & T. Markkanen (toim.) *Tieteen tienhaaroja – ristiriitojen kautta tietoon*. RT- paino Pieksämäki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry, 100-112.
- Stringer, E. 2004. *Action Research in Education*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Syrjälä, L. 1994. Tapaustutkimus tutkijan ja opettajan työvälineenä. Teoksessa L. Syrjälä, S. Ahonen, E. Syrjäläinen & S. Saari (toim.) *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Helsinki: Kirjayhtymä, 9-66.
- Syrjäläinen, E. 1994. Koulukohtainen opetussuunnitelmatyö ja koulukulttuurin muutos. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 134.

- Säily, M. 2000. Fysiikkaan filosofian kautta. Joensuun yliopisto. Fysiikan laitos. Licensiaattitutkimus.
- Säljö, R. 2001/2004. Oppimiskäytännöt. Sosiokulttuurinen näkökulma. Helsinki: WSOY.
- Tamminen, T. 2004. Olipa kerran lapsuus. Juva: WSOY.
- Tuomi, J. & Sarajärvi A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällysanalyysi. Jyväskylä: Tammi.
- Tynjälä, P. 1999/2000/2002/2005. Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktiivinen oppimiskäsityksen perusteita. 1-3. painos. Tampere: Kirjayhtymä Oy.
- Tähtinen, J. 1994. Oodi opettajan yhteiskunnalliselle tietämykselle. Teoksessa J. Tähtinen (toim.) Opettajuuden eväät. Kirjoituksia oppimisesta, opetuksesta ja opettajankoulutuksesta. Turun yliopisto. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta. Julkaisusarja B:47. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 55-60.
- Törmä, P. 2004. Milloin määrä muuttuu laaduksi: nanomittakaavan ja matalien lämpötilojen kvanttifysiikkaa. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 28.2.2008
<http://www.jyu.fi/ajankohtaista/arkisto/2004/12/tiedote-2007-09-18-16-26-15-947661/>
- Uljens, M. 1997. School didactics and learning. Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Viiri, J. & Saari, H. 2003. Opettajan puhe, autoritaarista vai dialogista? Teoksessa A. Virta, & O. Marttila (toim). Opettaja, asiantuntijuus ja yhteiskunta. Ainedidaktinen symposium. Turku: Turun opettajankoulutuslaitos, 152-157.
- Viiri, J. & Saari, H. 2004. International Journal of Science Education 26(4), 463-481.
- Virrankoski, M. 1996. Kosmologinen maailmakuva antiikista nykyiseen ja lapsuudesta aikuisuuteen. Akateeminen väitöskirja. Turun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Turun yliopiston julkaisuja. Sarja C, 123.
- Virtanen, J. 2006. Fenomenologia laadullisen tutkimuksen lähtökohtana. Teoksessa J. Metsämuuronen (toim.) Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus, 151-215.
- Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. 2007. A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education 23, 885-897.
- Van Driel, J. H., De Jong, O. & Verloop, N. 2002. The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. Science Teacher Education 86, 572-590.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. 1998. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching 35(6), 673-695.
- von Wright, G. H. 1997. Maailmankuvan käsitteestä. Teoksessa J. Rydman (toim.) Maailmankuvaa etsimässä, Helsinki: WSOY, 19-30.
- von Wright, J. 1986. Kognitiivisesta oppimiskäsityksestä. Psykologia 20, 243-247.
- Vygotsky, L.S. 1982. Ajattelu ja kieli. Espoo: Weilin & Göös.
- Vänni, J. 2003. Hahmottavan lähestymistavan filosofiset juuret. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos. Pro gradu. Tulostettu 10.3. 2008
<http://per.physics.helsinki.fi/kirjasto/ont/jvanni/index.html>
- Wahlström, R. 1997. Ympäristöherkkyys ympäristökasvatuksen näkökulmasta. Teoksessa M. Käpylä & R. Wahlström (toim.) Vihreä ihminen. Ympäristökasvatuksen menetelmäopas 2. Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen oppimateriaaleja 25. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskus, 1-8.
- Willman, A. 2001. Yhteistyön ristiriitaiset puhettavat Diskurssianalyttinen näkökulma luokanopettajien tulkintoihin tiimityöstä. Oulun yliopisto. Akateeminen väitöskirja. Kasvatustieteiden tiedekunta julkaisuja 47. Tulostettu 02.07. 2006
<http://herkules.oulu.fi/isbn9514264053/>
- Wilson, E. 2001. Konsilienssi. Tiedon yhtenäisyys. Suom. K. Pietiläinen Helsinki: Terra Cognita.

Aineistolähteitä

- Anon. 1981. Lukion kurssimuotoinen oppimäärä ja oppimääräsuunnitelma. Fysiikka Kemia. Kouluhallitus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Anon. 1986. Opetussuunnitelma/ Peruskoulu. Vantaan kaupunki. Moniste.
- Anon. 1992. Nykysuomen sanakirja. Lyhentämätön kansanpainos. Kolmastoista painos. Osa III. Valtion toimeksiannosta teettänyt Suomalaisen kirjallisuuden seura. Juva: WSOY.
- Anon. 1994. Vantaan opetussuunnitelma. Yhteinen osa. Sivistystoimi. Vantaan kaupunki.
- Anon. 1995-1996. Peltolan koulu. Opetussuunnitelma. Vantaa. Moniste.
- Anon. 1996. Peltolan koulu. Opetussuunnitelma. Vantaa 7.5.1996. Moniste.
- Anon. 1999a. Perusopetuksen oppilaan arvioinnin perusteet. Opetushallitus.
- Anon. 1999b. Peltolan koulun opetussuunnitelma. Moniste.
- Anon. 2003. OECD:n PISA-tutkimus. Pisa 2003 tuloksia. Opetusministeriö. Yleissivistävä koulutus. Helsinki. Viitattu 10.2.2006
<http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,444,77348>.
- Anon. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus 16.1 2004. Helsinki. Tulostettu 28.12.2006 <http://www.oph.fi/info/ops/>.
- Anon. 2005a. Vantaan opetussuunnitelman yhteinen osa, perusopetuksen osio. Vantaan kaupunki. Tulostettu 28.12.2005
http://www.vantaa.fi/i_perusdokumentti.asp?path=1;135;137;216;6276;6417
- Anon. 2005b. Peltolan, Simonkylän ja Viertolan koulujen opetussuunnitelma. Vantaan kaupunki. Tulostettu 28.12.2005
<http://www.edu.vantaa.fi/peltola/opetussuunnitelma.html>
- HS 2002. Elämän ulottuvuuksien pohtiminen kiehtoo ja joskus pelottaakin. Helsingin Sanomat. Nuorten posti. D 10. 30.10. 2002.
- Kärnä, P. 1994. Uuden ajan autokoulu - Mekaniikan käsitteiden hahmottava lähestyminen suggestopedisen opetusmetodin avulla peruskoulun yläasteella. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos. Pro gradu-tutkielma.
- Kärnä, P. 2001. Luonnonfilosofiaa-valinnaiskurssi. Julkaisematon kurssimateriaali.
- Kärnä, P., Leskinen, M., Montonen, M. & Repo, K. 1996. LUMO Tutkimuksia 1. Porvoo: WSOY.
- Kärnä, P., Leskinen, M., Montonen, M. & Repo, K. 1997. Opettajan opas 1- LUMO - Tutkimuksia 1. Porvoo: WSOY.
- Kärnä, P., Leskinen, M., Montonen, M. & Repo, K. 1998a. LUMO- Fysiikan ja kemian käsikirja. 1-2 . painos. Porvoo: WSOY.
- Kärnä, P., Leskinen, M., Montonen, M. & Repo, K. 1998b. LUMO - Tutkimuksia 3. Porvoo: WSOY.
- Kärnä, P., Leskinen, M., Montonen, M. & Repo, K., 1999. Opettajan opas 3- LUMO - Tutkimuksia 3. Porvoo: WSOY.
- PISA 2000 Suomessa. 2002. Tulevaisuuden osaajat. J. Välijärvi, & P. Linnakylä, (toim.) Koulutuksen tutkimuslaitos ja kirjoittajat. Jyväskylä: Kirjapaino Oma Oy.
- POPS 1994. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994. Opetushallitus. Painatuskeskus.

11 LIITTEET

LIITE 1. Fysiikan valinnaiskurssin esittely

Luonnontiede tutkii luontoa
sanovat, että fysiikka tutkii kuollutta ja biologia elävää luontoa
onko kivi kuollut
niin kuin tietokoneen piisiru

Ihminen nauttii luonnosta, rentoutuu luonnossa
havainnoi ja tutkii luontoa
löytää luonnonlakeja: vesi virtaa, sähkö virtaa
eloton liikkuu täynnä elämää

Sanovat, että fyysikko käyttää järkeään ja tutkii
pappi uskoo
filosofi pääättelee
taiteilija ilmaisee
luonnon filosofi tekee tätä kaikkea
kokee, tutkii ja pohtii elämää

Luonnonfilosofi miettii
ei vain kiveä kuten fyysikko
vaan kurottaa kiven taakse, alle ja sisään
Hän etsii merkityksiä ja kysyy:
vastaavatko luonnonlait ihmisen kysymyksiin:
mitä olen, miten toimin, miksi teen
miten elän onnellisesti ja antoisasti

Tämä on filosofiaa
ihmisen kysymyksiä ja luonnon vastauksia
luonnon filosofiaa

Mitä ovat tunteet? Voiko tunteita ja ajatuksia tutkia? Miten tutkia itseään? Voiko kivi välittää tietoa - entä kasvit? Miten valo, ääni, värit, tuoksut ja liike vaikuttavat havaitsijaan, ihmiseen? Filosofian menetelmä on ajattelu ja päättely, jota opitaan tällä kurssilla esimerkiksi tekemällä omia kysymyksiä. Fysiikka tutkii luonnon näkymiä: ainetta, energiaa ja liikettä. Luonnon filosofian kurssilla myös tutkitaan esille nousevia kysymyksiä, keksitään omia tutkimuksia – oivalluksia.

Mitkä luonnonlait koskevat myös ihmistä? Minkälaisia vastauksia fysiikka antaa kysymyksiini, miten elän elämäni? Lisäksi Luonnonfilosofian kurssilla tutkitaan havaitsemisen ja aistien rajoja: Miten näkymätöntä maailmaa voi tuntea tai kokea? Mitä on hiljaisuus? Mitä on aistiton tila?

Menetelmät: Keskustellaan, pohditaan ja kysytään, väitellään, kirjoitetaan päiväkirjaa, piirretään ja näytellään. Tehdään tutkimuksia yksin, pareittain ja ryhmissä. Tutkimukset ovat leikinomaisia, liikunnallisia, esittäviä ja kokeellisia.

Arviointi: Kurssista kirjoitetaan oppimispäiväkirjaa, johon merkitään omia kokemuksia tutkimuksista ja taustatietoa. Raportointiin voidaan käyttää piirustuksia, runoja ja kertomuksia. Lisäksi tehdään oma tutkimus.

LIITE 2. Palautekirjeet opettajalle

Kirjeet kurssin lopussa

1. Kirje kurssin lopulla kahdeksas luokkalaiselle ystävälle, jossa kerrot kurssista ja mielipiteitäsi

2. Kirje opettajalle kurssin lopussa

a) Miten seuraavien asioiden käsittely vaikutti Sinuun?

Muuttuiko käsityksesi luonnosta?

Mikä oli kiinnostavin ja mieleenpainuvuin aihe? Miksi tämä jäi mieleen?

b) Mitä pidit opetustavoista?

- oppimispäiväkirjan kirjoittaminen
- keskustelu
- pohdinta yksin
- pohdinta yhdessä
- väittely
- tutkimukset
- retket
- piirrostehtävät
- näyttelemine
- mikä muu

Sisällysluettelo:

Radioaktiivien säteily
Äänet ympärillämme
Kaiku-heijastuminen
Korkeat ja matalat äänet
Luja ja hiljainen ääni
Melu
Äänentallennus- ja toistolaitteet
Näkyvä maailma
Taittuminen
Sateenkaari
Heijastuminen
Näkeminen
Kuvan muodostuminen
Valon luonne
Optiset laitteet

Kirje opettajalle vuoden jälkeen

Hyvät Luonnonfilosofiaa-kurssilaiset!

On kulunut jo melkein vuosi siitä, kun teimme oman elämän aarrekartan tunnilla. Vieläkö muistat? Lupasin kysellä kuulumisia. Aika on mennyt nopeasti. Tänä vuonna ei ole muodostunut ryhmää, mutta toivon, että ensi vuonna. Olen tuonut teidän kanssanne tapahtunutta aineistoa muille fysiikan tunneille ja oma tutkimuksenikin on edennyt.

Olen kovasti kiitollinen, jos voisit vielä vapaasti vastata pariin kysymykseeni. Ohessa palautuskuori merkkeineen. Hyvää joulunaikaa Sinulle ja onnea jatko-opintoihin ja tervetuloa tervehtimään Peltolaan!

1. Miten oman elämäsi aarrekartta on toteutunut? Ovatko suunnitelmasi ja aikomuksesi elämäsi suhteen tapahtuneet?

2. Oletko törmännyt kurssilla käymiimme ajatuksiin ja pohdintoihin? Oliko kurssista hyötyä?

3. Mitä taitoja ja tietoja Luonnonfilosofiaa kurssi näin jälkikäteen ajatellen edisti tai toi esiin Sinussa?

LIITE 3. Kooste aihekokonaisuuksien arvotavoitteista ja -sisällöistä

Taulukko 24. Kooste aihekokonaisuuksien arvotavoitteista (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Oppilas oppii</i>	<i>Aihekokonaisuus</i>	<i>Avainsana</i>
ymmärtämään kulttuuri- identiteetin osatekijöitä ja niiden merkityksiä yksilölle ja yhteisölle	Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys (2)	itsetuntemus suhde kulttuuriympäristöön
suhtautumaan kriittisesti median välittämiin sisältöihin ja pohtimaan niihin liittyviä eettisiä ja esteettisiä arvoja	Viestintä ja mediataito (3)	kriittinen ajattelu
ilmaisemaan itseään monipuolisesti ja vastuullisesti ja tulkitsemaan muiden viestintää	Viestintä ja mediataito (3)	ilmaisu sosiaaliset taidot
muodostamaan oman kriittisen mielipiteen erilaista asiantuntijuutta hyödyntäen	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	kriittinen ajattelu
kohtaamaan ja käsittelemään muutoksia, epävarmuutta ja ristiriitoja	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	tunteet muutoksensietokyky
toimimaan innovatiivisesti ja pitkäjännitteisesti päämäärän saavuttamiseksi sekä arvioimaan omaa toimintaansa ja sen vaikutuksia	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	tavoitteellisuus, itsearviointi kriittinen ajattelu
ymmärtää ympäristönsuojelun välttämättömyyden ja ihmisen hyvinvoinnin edellytykset ja niiden välisen yhteyden	Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta (5)	itsetuntemus, luontosuhde
havaitsemaan ympäristössä ja ihmisten hyvinvoinnissa tapahtuvia muutoksia, selvittämään syitä ja seurauksia sekä toimimaan elinympäristön hyväksi ja hyvinvoinnin lisäämiseksi	Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta (5)	havainnointikyky syy ja seuraus, toiminta, luontosuhde sosiaaliset taidot kriittinen ajattelu
edistämään väkivallattomuutta ja toimimaan kiusaustilanteissa rakentavasti	Turvallisuus ja liikenne (6)	tunteet, empatia sosiaaliset taidot
ymmärtämään teknologiaa, sen kehittämistä ja vaikutuksia eri elämänalueilla, yhteiskunnan eri sektoreilla ja ympäristössä	Ihminen ja teknologia (7)	teknologia tietoisuus kriittinen ajattelu
ottamaan kantaa teknologisiin valintoihin ja arvioimaan tämän päivän teknologiaan liittyvien päätösten vaikutuksia tulevaisuuteen	Ihminen ja teknologia (7)	teknologian arvot kriittinen ajattelu

Taulukko 25. Kooste aihekokonaisuuksien arvosisällöistä (vuoden 2004 opetussuunnitelma) ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeiset sisällöt</i>	<i>Aihekokonaisuus</i>	<i>Avainsana</i>
ihmisoikeudet ja ihmisryhmien välisen luottamuksen, keskinäisen arvostuksen ja onnistuneen yhteistyön edellytyksiä	Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys (2)	arvot, sosiaaliset taidot
Omien ajatusten ja tunteiden ilmaisu, erilaiset ilmaisukelehdet ja niiden käyttö eri tilanteissa	Viestintä ja mediataito (3)	ajatukset, tunteet ilmaiseminen sosiaaliset taidot
lähdekritiikki, tietoturva ja sanavapaus	Viestintä ja mediataito (3)	kriittisyys ja ilmaisu
osallistuminen ja vaikuttaminen omassa koulussa ja elinympäristössä sekä oman toiminnan vaikuttavuuden arviointi	Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys (4)	sosiaaliset taidot vaikuttaminen, kriittinen ajattelu
yksilön ja yhteisön vastuu elinympäristön tilasta ja ihmisen hyvinvoinnista	Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta (5)	vastuullisuus suhde ympäristöön
terveyttä, turvallisuutta, väkivallattomuutta ja rauhaa edistäviä toimintamalleja	Turvallisuus ja liikenne (6)	hyvinvointimallit
teknologiaan liittyvät eettiset, moraaliset, hyvinvointi- ja tasa-arvokysymykset	Ihminen ja teknologia (7)	teknologian arvot
tulevaisuuden yhteiskunta ja teknologia	Ihminen ja teknologia (7)	tulevaisuuden tavoitteet

LIITE 4. Fysiikan opetuksen tavoitteiden luokittelu

Taulukko 26. Fysiikan opetuksen tavoitteiden luokittelu kurssin suunnittelua varten

a) Maailmankuva, arvot ja asenteet

Luonnontieteisiin perustuvalla sivistyksellä on tärkeä merkitys aineellisen ja henkisen hyvinvoinnin kannalta. Niiden pohjalle rakentuu maailmankuva, jonka perusteella oppilas voi tuntea luonnon lainalaisuuksia ja ymmärtää niiden merkityksen sekä oman elämänsä että ympäristön kannalta.
Oppilas tiedostaa ympäristöön ja luonnontieteelliseen kulttuuriin liittyviä asenteita ja arvoja.
Oppilas oppii toimimaan yhdessä toisten kanssa, hän innostuu fysiikan ja kemian opiskelusta,
Oppilas pystyy hankkimansa tiedon avulla muovaamaan omia asenteitaan ja käsittelemään monipuolisesti kohtaamiaan ongelmatilanteita.
Hän tunnistaa ihmisiä, yhteiskuntaa ja ympäristöä koskevien asenteidensa merkityksen sekä omaa arkielämäänsä että koko maailmaa koskevissa ratkaisuissaan.

b) Tiedot

Oppilas saa luonnontieteellistä tietoa,
Hän oppii tuntemaan elinympäristönsä kemian ja fysiikkaa, ja ymmärtää käytännön kannalta tärkeitä ilmiöitä.
Oppilas ymmärtää ihmisen, yhteiskunnan ja ympäristön vuorovaikutusta ja keskinäistä riippuvuutta.
Oppilas ymmärtää kestävä kehityksen merkityksen yksilön, yhteiskunnan ja koko maailman kannalta.
Hän voi oppia hahmottamaan myös oppiainerajat ylittäviä kokonaisuuksia, kuten energian käyttöä, ympäristökysymyksiä ja viestintää

c) Taidot

Oppilas oppii tiedonkäsittelyn, kokeellisen työskentelyn, turvallisia työtapoja, ongelmaratkaisun, vuorovaikutuksen ja itsenäisen työskentelyn taitoja.
tulkitsemaan fysiikan ja kemian ilmiöitä erilaisten kokeellisten tutkimus- ja työmenetelmien avulla, tekemään johtopäätöksiä ja
Oppilas oppii arvioimaan tulosten luotettavuutta.
Oppilas pystyy hankkimansa tiedon avulla muovaamaan omia asenteitaan ja käsittelemään monipuolisesti kohtaamiaan ongelmatilanteita.

LIITE 5. Arvosanan 8 sisältökriteerilauseet ja niiden luokittelu

Taulukko 27. Opetussuunnitelman(1999)kriteerilauseiden luokitteluperusteet tulkintani mukaan ja käyttämäni lyhenne

luokittelu	lyhenne	luokitteluperusteet (kriteerilauseiden sanat)
Maailmankuva	M	vaikuttaa omaan elämään, tuntee luonnon lainalaisuudet, ympäristö
Asenne ja arvot	A	luonnontieteellistä kulttuuria kohtaan, innostuminen, muovaaminen, muuttaminen
Luonnontieteellinen tieto	T	elinympäristön fysiikka ja kemia, käytännön tietoa, ihmisen, yhteiskunnan ja ympäristön vuorovaikutus, kestävä kehitys, oppiainerajat ylittävä kokonaisuus
Luonnontieteellinen tieto B	T	tietää, ymmärtää, osaa selittää, hahmottaa, tunnistaa, tuntee
Taidot	Ta	oppimisen taidot, tiedonhankinta, tiedonkäsittely (tulkitseminen, jäsentely, arviointi, taulukointi, laskut), kokeellinen työskentely (tulkitseminen, havainnointi, suunnittelu, mittaus johtopäätökset, tulosten arviointi, sovellukset), turvallinen työtapana, laboratoriovälineet, ongelmaratkaisu, vuorovaikutus, keskustelu, tiedon esittäminen, itsenäinen työskentely, kirjallinen työ, oman työn arviointi.

Taulukko 28. Arvosanan 8 sisältökriteerilauseet ja niiden luokittelu

1.kurssi Vuorovaikutuksia: Numeron 8 kriteerit				
Oppilas				
7a) tuntee rakenneosien ketjun alkeishiukkasista galakseihin	T		M	
7b) osaa havainnollistaa sopivilla malleilla luonnon rakenteita ja järjestelmiä, esimerkiksi atomia ja aurinkokuntaa	T	Ta	M	
7c) tuntee erilaisia laitteita ja osaa käyttää esimerkiksi mikroskooppia ja kaukoputkea	T	Ta		
7d) osaa tutkia kokeellisesti yksinkertaisten mekaanisten koneiden, esimerkiksi vivun, toimintaa ja osaa antaa esimerkkejä mekaanisista koneista ja mekaanisista rakenteista	T	Ta		
7e) osaa selittää yksinkertaisten koneiden toimintaperiaatteen	T		M	
7f) osaa esimerkiksi vertailla aineiden tiheyksiä ja selittää tiheyden avulla erilaisia ilmiöitä, kuten kellumisen ja kuumailmapallon toiminnan	T	Ta		
7g) tietää, että vuorovaikutus on aina kahden kappaleen välinen ja aiheuttaa kumpaankin kappaleeseen vaikuttavat yhtä suuret voimat	T		M	
7h) osaa nimetä kappaleiden välisiä vuorovaikutuksia, esimerkiksi gravitaatiovuorovaikutuksen, sähköisen ja magneettisen vuorovaikutuksen sekä kosketusvuorovaikutuksen	T		M	
7i) tietää, että kappaleen liiketila voi muuttua vain, kun kappale on vuorovaikutuksessa toisten kappaleiden kanssa, ja osaa antaa esimerkkejä vuorovaikutusten aiheuttamista liikeilmiöistä	T	Ta	M	
7j) osaa käyttää liikettä ja sen syitä luonnehtivia suureita, esimerkiksi aikaa, matkaa, nopeutta ja kiihtyvyyttä, kun keskustellaan liikeilmiöistä ja tutkitaan niitä	T	Ta		
7k) tietää, että kappaleen massa kuvaa kappaleen hitautta	T			
7l) osaa tehdä graafisia esityksiä esimerkiksi tasaisen ja kiihtyvän liikkeen mittaustuloksista ja osaa tulkita niitä	T	Ta		
7m) osaa käyttää tasaisen liikkeen mallia liikettä koskevien ennusteiden tekemiseen ja keskinopeuden yhtälöä matkan tai ajan arviointiin ja laskemiseen	T	Ta		

2.kurssi Aallot: Numeron 8 kriteerit				
Oppilas				
9a) tunnistaa aaltoliikkeitä ja niille luonteenomaisia ilmiöitä ympäristöstä, esimerkiksi aaltoliikkeen synnyn, etenemisen, vastaanottamisen, heijastumisen ja taittumisen	T			
9b) tunnistaa erilaisia jaksollisia ilmiöitä ja värähtelijöitä ympäristöstään ja niille ominaisia ilmiöitä, esimerkiksi resonanssin sekä osaa luonnehtia ko. ilmiöitä niitä kuvaavien suureiden avulla	T	Ta		
9c) osaa käyttää valon kulun mallina valonsädettä ja selittää tämän mallin avulla erilaisia näkemiseen liittyviä ilmiöitä sekä esimerkiksi yksinkertaisten optisten kojeiden toimintaperiaatteita	T	Ta		
9d) tuntee valon ja äänen merkityksen ihmisen ja yhteiskunnan kannalta, esimerkiksi melun ja siltä suojautumisen sekä tiedonvälityksen	T		M	
9e) osaa antaa esimerkkejä siitä, kuinka luonnontieteellisiä periaatteita tai lakeja voidaan käyttää käytännön ongelmien ratkaisemisessa esimerkiksi suunniteltaessa valaistusta tai äänieristystä tunnistaa ympäristöstä esimerkiksi veden avulla lämmön siirtymisen ja varastoitumisen ja osaa tutkia näitä ilmiöitä	T	Ta	M	
9f) osaa luonnehtia lämpöopin perusilmiöitä, kuten lämpölaajenemista ja kappaleen lämpenemistä niitä kuvaavien suureiden ja kokeellisten lakien avulla	T			
9g) osaa soveltaa lämpenemisen, olomuodon muutosten ja lämpölaajenemisen lakeja tarkastellessaan ympäristössään tapahtuvia lämpöilmiöitä	T	Ta		
9h) tuntee energian merkityksen yhteiskunnassa ja osaa arvioida eri energiavarojen käytön yhteiskunnallisia vaikutuksia	T	Ta	M	A
9i) tunnistaa ympäristöstään yksinkertaisia mekaniikkaan, aalto- ja värähdysliikkeeseen, sähköön, lämpöön ja säteilyyn liittyviä ilmiöitä ja sovelluksia	T	Ta		
9j) tuntee fysiikan perusilmiöitä ja prosesseja, esimerkiksi liikeilmiöitä, kappaleiden, nesteiden ja kaasujen lämpötilan ja olomuodon muutoksiin, liittyviä prosesseja sekä radioaktiivisen hajoamisen ja ionisoivan säteilyn synnyn ja vaimenemisen	T		M	
9k) tuntee jokapäiväisiä prosesseja, joita selitetään fysiikan tietojen avulla, esimerkiksi liikenneturvallisuuden parantamisen sekä melun ja siltä suojautumisen	T		M	
9l) tuntee teollisuuden prosesseja, jotka ovat fysiikan sovelluksia esimerkiksi lämpövoimakoneen, sähköntuotannon ja siirtämisen, sähkömagneettisen viestinnän, säteilyn käytön sekä vaikutuksen ja keinot säteilyltä suojautumiseen	T	Ta	M	
3. kurssi Energia: Numeron 8 kriteerit				
Oppilas				
9m) tunnistaa energian muuntumiseen liittyviä prosesseja ympäristöstään	T			
9n) tuntee energiamuotoja, esimerkiksi liike-, lämpö-, potentiaali- ja ydinenergian sekä kemiallisen energian, ja osaa antaa esimerkkejä energianmuuntumisesta erilaisissa prosesseissa, esimerkiksi puun palamisessa, kiven putoamisessa, fotosynteesissä tai ruostumisessa	T	Ta		
9o) tietää työn ja energian välisen yhteyden ja energian säilymislain	T		M	
9p) tietää, että lämpö on yksi energiamuoto, joksi kaikki muut energiamuodot ennen pitkää muuntuvat	T			
9r) tuntee sähköntuoton ja siirron prosesseja, esimerkiksi muuntajan toimintaperiaatteen	T	Ta		
9s) osaa selittää energian muuntumisen voimalaitoksessa ja arvioida erilaisten voimalaitosten hyötyjä ja haittoja	T	Ta		A
9t) osaa arvioida ja laskea sähkölaitteiden käyttökustannuksia niiden tehon perusteella	T	Ta		
9u) osaa hyödyntää luovuutta arkielämän tilanteissa, esimerkiksi ideoitaessa sähkönsäästämistä	T	Ta		A
9v) tuntee sähkölaitteiden ja lämpöä tuottavien laitteiden turvallisen ja taloudellisen käytön periaatteet	T	Ta		
9x) osaa antaa esimerkkejä siitä, kuinka kappaleita ja aineita voidaan luokitella esimerkiksi niiden lämpö- ja sähköominaisuuksien perusteella	T	Ta		
9y) tunnistaa ympäristössään yksinkertaisia mekaniikkaan ja sähköön liittyviä ilmiöitä ja sovelluksia	T	Ta		
9z) tuntee fysiikan perusilmiöitä ja prosesseja, esimerkiksi liikeilmiöitä, kappaleiden, sähköntuotannon ja energiansiirtämiseen liittyviä prosesseja	T			
9ä) ymmärtää prosessien syy-seuraussuhteita, esimerkiksi sen, että jännite aiheuttaa sähkövirran suljettuun virtapiiriin	T	Ta	M	
9ö) pystyy tekemään fysiikan tiedoillaan ennusteita esimerkiksi liiketilän muutoksista tai virtapiiriin toiminnasta	T	Ta		
9å) tuntee teollisuuden prosesseja, jotka ovat fysiikan sovelluksia esimerkiksi sähköntuotannon ja siirtämisen	T	Ta		

LIITE 6. Käsitekarttojen perusteet: fysiikan didaktiikka

Taulukko 29. Fysiikan opetuksen tavoitteiden tarkastelua ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeinen asiasisältö</i>	<i>Avainsana</i>
On panostettava oppimisen tietorakenteisiin ja opetuksen sisältöön (Henderson 2005, 785).	tiedon rakentamisen prosessi, opetuksen sisältö
Oppimaan oppiminen on taito ja halu sopeutua ja sitoutua uuteen tehtävään aktivoimalla ajattelun hallinta ja toivon perspektiivi, käyttäen keinona oppimistoiminnan kognitiivista ja affektiivista itsesääätelyä (Hautamäki ym. 2002, 10).	ajattelun hallinta kognitiivinen ja affektiivinen itsesääätely äly ja tunne
Oman ajattelun tiedostaminen on välttämätöntä käsitteen muodostamiselle (Rebello ym. 2004, 2005).	käsitteen muodostus ajattelun tiedostaminen
Ajattelun kehittämiseen kuuluu myös, että oppilaalle kerrotaan oppimisprosessista (Rauste von Wright ym.).	oppimisprosessista kertominen
Uusi näkökulma fysiikan opetuksen muutokseen on kehitettävissä siitä, että fysiikan opetuksen tarkastelunäkökulma kohdistetaan opiskelijoiden kognitiivisten kykyjen kehittämiseen sekä myös tietoteoriaan (Rebello ym. 2005, 220).	kognitiivisten kykyjen kehittäminen tietoteoria
Oppilaat, jotka pohtivat opintoja, omasivat yleensä nykyaikaisen käsityksen luonnontieteistä tai niiden opetuksesta ja oppimisesta (Keinonen 2005, 183-189).	pohtiminen
Oppilaiden ne käsitykset, jotka kohdistuvat siihen, mitä he tekevät ja ajattelevat, liittyvät oivalluksena aistihavaintoihin (Lippmann 2003, 65-68).	itsenäinen ajattelu havainnointi
Tiedon ja tietämisen hallinta on luultavasti jopa oleellisempi taito kuin useiden yksittäisten tietojen ja taitojen hallitseminen (Sormunen 2004, 363-368).	tieto ja tietäminen
Luonnontieteissä on tärkeää tietää tiedonhankintaprosessista (Hendersson 2005).	tiedonhankintaprosessi
Arviointia tehdään myös kaikissa oppimisen vaiheissa: arvioidaan suhtautumista tietoon, ymmärtämiseen liittyvien käsitteiden asettamista, keskeisen lähestymistavan löytymistä jonkin ongelman ratkaisemiseen, oman osaamisen jakamista. (Hakkarainen ym. 2005, 219.)	arviointi
On hyvä laajentaa arkikäsitteen merkityssisältöä palauttamalla mieleen niitä yhteyksiä, joita oppilas siihen tuntee (Savinainen 2004).	arkikäsitteen merkityssisällön laajentaminen

Taulukko 30. Fysiikan opetuksen opetusmenetelmiä ja avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeinen asiasisältö</i>	<i>Avainsana</i>
Itsetunto tai sen puute säätelee opiskelijan uskallusta kokeilla odotustensa kantavuutta ajattelun ja toiminnan tasolla (Rauste-von Wright ym. 2003, 164).	itsetunto
Opettajan tulee luoda sellainen oppimisympäristö, missä opiskelijat uskaltavat tuoda esiin omat keskeneräiset ja hajanaiset ajatuksensa (Ahtee 1998, 145, 146).	avoin ja ilmaiseva oppimisympäristö
Luovan ilmapiirin tunnusmerkkejä ovat kiireettömyys ja avoimuus (Sahlberg ym. 1993, 28-31).	luova ilmapiiri
Oppimisympäristöt haastavat päätöksentekoon siitä, mitä ja milloin tietoa ja taitoa on sovellettava (Enkenberg 2002, 163).	vaikuttaminen soveltaminen
Menestyvälle ongelmanratkaisulle on olennaista ihmisen tietoisuus omasta ajattelustaan, tiedoistaan ja strategioistaan sekä kyky säädellä omaa mentaalista informaation prosessointiaan (Enkenberg 2002, 162-163).	ajattelun tiedostaminen ja säätely
Vuorovaikutus on opettamisen perusta. Vuorovaikutuksessa opettaja on prosessin luoja (Meri 1998, 42-44).	vuorovaikutteinen opetus keskustelu
Oppilaille esitetään kysymyksiä, siten että keskustelu johtaa ymmärryksen lisääntymiseen (Beatty ym. 2006, 32-33). Tiettyjä menettelytapoja tarvitaan, että oppilaat tottuvat kysymään toisiltaan kysymyksiä, työskentelemään yhdessä ja ohjaamaan keskusteluja tarkoituksenmukaisesti (Gresser 2006, 103-104).	kysymykset keskustelu
Kysymyksiin liittyy laajapohjainen keskustelu sekä pienryhmissä että koko luokassa (Gresser 2006, 103-104).	ryhmätyöskentely
Kokeellisen työskentelyn rinnalla tarvitaan kognitiivista ja affektiivista aktiivointia (Saari 1997, Juuti 2005, Beyer 1989).	tieto ja tunteet
Opetuksessa jatkuvasti kehitetään menettelytapoja ja sovelletaan ne oppilaan tarpeisiin ja oppilaan iän asettamiin vaatimuksiin (Beatty ym. 2006, 32-33).	oppilaiden tarpeet
Tutkiva oppiminen perustuu rikkaan ja monimuotoisen oppimisympäristön luomiseen, joka rohkaisee, tukee ja ohjaa oppilaita käyttämään kysymysten ohjaamaa tutkivaa oppimista (Hakkarainen ym. 2005, 107).	tavoitteelliset kysymykset
Fysiikkaan tulisi liittää myös filosofisia kysymyksiä (Makkonen 2003, 113-114).	filosofisia tehtäviä
Koulussa tarvitaan käsitellä opiskelijan kulttuuriympäristön aitoja ongelmia (Kiviahde 2005, 101-105).	aidot ongelmat
Mielekkääksi koetaan nimenomaan omaan elämänkulkuun liittyvät haasteet (Rauste-von Wright ym. 2003, 163).	omaa elämään liittyvät tehtävät
Opettaja vahvistaa oppilaan uskoa omiin havaintoihinsa (Salmio 2004, 171).	itseluottamus
Tarinoiden käyttö uutena menetelmänä luonnontiedenäkemysten selvittämiseksi osoittautui antoisaksi tavaksi saada tietoa opiskelijoiden näkemyksistä (Keinonen 2005, 183-189).	tarinat
Oppilaat tarvitsevat tilaisuuksia, joissa puolustaa omia väitteitään ja etsiä heikkouksia toisten väitteistä (Ahtee 1998, 145-146).	väittely
Hyvät opettajat opettavat reflektiivasti ja antavat opiskelijoille paljon palautetta. Opiskelijat opetetaan ongelmanratkaisun menetelmiin, rakentamaan tietorakenteita löytämään oma-aloitteisesti ratkaisut neuvojen avulla. (Henderson ym. 2006, 59-65.)	palaute

Taulukko 31. Fysiikan tehtävien rakenne ja luonne sekä avainsanat tulkintani mukaan

<i>Keskeinen asiasisältö</i>	<i>Avainsana</i>
Tehtävien ja niiden käsittelyn tulee vaatia oppilaalta itsenäistä ajattelua, ongelmanratkaisukykyä ja tiedon soveltamista (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22).	tavoitteelliset tehtävät
Tehtävät voivat käsitellä samaa aihetta monin eri tavoin (Sinnemäki & Ahtee 2003, 22).	useita näkökulmia
Fysiikan opetuksessa on hyvä olla ymmärtämistä vaativa tehtävä, soveltava tehtävä ja laajasti aktivoiva tehtävä (Sinnemäki & Ahtee 2003, 24-25).	ymmärtämistä vaativia tehtäviä soveltavia tehtäviä aktivoivia tehtäviä
Essee, prosessikirjoittaminen ja visualisointi, tiivistelmät ja kaaviot lisäävät oman ajattelun tiedostamista ja oppimista (Hakkarainen ym. 2005, 134-140).	kirjoittaminen
Uudenlaisia arviointimenetelmiä ymmärtämiseen: aineistokoe, näyttökoe, oppimisprosessin arviointi, harjoitustyö, essee, esitykset, jatkuva arviointi, projektityöskentely, oppimispäiväkirja, portfolio, itse- ja toveri-arviointi (Tynjälä 2000, 175- 181).	oppimispäiväkirja itsearviointi arviointi
Avoin tehtävä tukee ja rikastuttaa oppilaiden yhteistä neuvottelua ja merkitysten rakentamista (Kumpulainen 2002, 259).	avoin tehtävä

LIITE 7. Luonnonfilosofiaa – valinnaiskurssin yhteenvetotarina

Sohvi oli vihainen, hän potki likaisen harmaita lumikokkareita jalkakäytävältä mökäiselle tunkkaiselle autotielle. Kaikki tuntui menevän pieleen. Koulussa ei oppinut mitään tarpeellista. Miten luvut, kielen ja yhteiskunnan menneisyyden opettelu auttoivat häntä elämään? Aamulla Sohvi oli saanut isältään tekstiviestin: ”Monivuotinen naisystäväni lopetti suhteemme, koska olen niin itsekeskeinen. Olenko? Minun on muututtava.”

- Mitä se minulle kuuluu, sinun naishuolesi, minä olen lapsesi, Sohvi puuskahti - Joo, olet kyllä itsekeskeinen, aina kun olin luonasi viikonloppuisin - siitä on aikaa, tarjosit kuivaa kananlihaa ja riisiä - halpaa ruokaa. - Mummiakin vihaat, et ole tavannut kymmeneen vuoteen. On siinä minulla tunnekypsiä isä. En halua samanlaiseksi. Mutta mitä tehdä? Rippikoulussa puhuivat vierasta kieltä - synneistä ja anteeksiannosta. En ole syntinen, kirkko haluaa hallita kansaa ja tehdä heidät pappeja tarvitseviksi, Sohvi jatkoi synkkää itsepuheluaan.
- Ja äiti on omituinen, lukee kaikkea hömppää kirjallisuutta, antoi minulle oman juttunsa tunteistakin. - Vaikka on se muuttunut, ei niin hermostunut kuin aiemmin, eikä se huudakaan. Muistan kun se hermostu vuosia sitten meidän olohuoneen lattialla makaaviin likaisiin astioihin ja kasasi ne huoneeni lattialle. Suutuin ja levitin ne ympäriinsä. Ja mutsi suuttui vielä enemmän. Sitten se kävi jonkun kurssin, jossa se muutti mieltään. Se ei enää reagoinut lattialla makaaviin päällysvaatteisiin vaan tuijotti niitä kuin lukisi sanomalehteä. Ja se opetteli pitämään ruuanlaitosta ja siivouksesta, se ei tehnyt niitä enää vihan voimalla.

Joten kai tämä minunkin mieleni voi muuttua. Tätä ei tunnu kivalta. Se on ikään kuin kehossani, pyörii ja kiertää. Tuntuu kuin myrkyttäisin ja rumentaisin myös ympäristöni. Kukaan ei enää viihdy seurassani. Ne imee mun tunteeni ja uupuu. Jos Jumala on olemassa miksei se anna mun rakastua, niin mieleni muuttuisi?, Sohvi valitti.

Hän oli kiemurrellut joen rantaan. Hän heitti reppunsa lumeen ja istahti kivelle. Joki virtasi rauhallisesti vielä avoimena lumisten pälvien välissä. Sohvi oli uupunut, ja hän vain katseli, lopetti ajattelun ja pohtimisen, ikään kuin antautui hitaan virran vietäväksi. Ja silloin se tapahtui. Paha mieli oli poissa, Sohvi riemuitsi. Hän muisti lukeneensa illalla erään artikkelin, jossa biologi oivalsi valkuaisainemolekyylien rakenteen samaistumalla niihin. Kuvitella, yrittää, nyt olla valkuaisainemolekyyli!

Mutta nyt hän ymmärsi, joki oli auttanut häntä, hän oli pysähtynyt ja lopettanut rimpuilun, ikään kuin antanut luonnon harmonian lävistää kehonsa ja löytää oma sisäinen tasapaino. Tuli kylmä ja Sohvi käveli ihmetellen kotiinsa. Taivas näytti kauniilta, vaalean sinisellä pohjalla väreili vaaleanpunainen iltarusko. Hän nukahti vaivatta sänkyynsä iltapäivänokosille nalle kainalossa sinisen peiton alle. Hän havahtui parinkymmenen minuutin kuluttua ja oli kiitollinen, ettei äiti ollut vielä kotona, oli mukava olla yksin hiljaa. Joskus tuntui, että äiti oli liian suuri, hän täytti koko huoneiston. Heti koulun, kirjoitusten jälkeen, hän muuttaisi pois omaan kämppään.

Sohvi aukaisi tietokoneensa. Oliko hän saanut sähköpostiviestejä? Oliko Mika vastannut hänen tervehdykseensä tai valitukseensa? -. Ei, Mika, mutta isältä oli viesti. Tyynenä Sohvi luki sen.”Kävin tänään äitini, sinun mummi, luona pyytämässä anteeksi, en enää vihaa häntä. Olin alkanut vihata sinun ikäisenä, koska hän laittoi minut maailmalle ja minua pelotti...Otin vastuun tunteistani, tunnistin sen ja se hävisi”

Sohvia hymyilytti - nyt isäkin sen ymmärtää ja minä olin pitänyt sitä toivottomana kalkkiksena.

Seuraava päivä oli lauantai. Sohvi nukkui pitkään ja selasi sitten lehden sängyssään, otsikot: ”

Aikamiespoika tappoi vanhan äitinsä. ” Nuoren mukiloivat mummon” - Noin olisi voinut minullekin tapahtua, hän totesi helpottuneena. Ja joku kuuskymppinen mies oli saanut väitöskirjansa valmiiksi, jota se oli tehnyt 25 vuotta ja asunut yhdessä poikansa kanssa opiskelukämpässä- en minä tohon rupeisi, Sohvi päätti. Ja sitten tiede sivulla kerrottiin Tuulikki Saariston kirjasta Taikasanat.

”Anteeksiannon taikasanat toimivat parantavasti psykoterapiassa.” Niinpä - Sohvi myhäili ja pian se on todistettu tieteellisestikin. ”Gravitaatioaalto on seisovaa aaltoliikettä.” Onkohan aalto se harmoninen luonnon energia, johon pääsin. Taisin olla sitä ennen mustassa aukossa tai kaaosvyöhykkeessä. Toivottavasti tämä vaikuttaa perhosefektin lailla muihinkin, kun vain olen, olen, en ajattele, olen, Sohvi rallatti. - Ketähän nyt vedän puoleeni?

LIITE 8. Oppilaiden ja opettajien diskurssit ja luokittelu pohdintakeskusteluissa

Taulukko 32. Oppilaiden diskurssien luokitteluperiaatteet tutkimuksessani

<i>Rakentava</i>	<i>Kuvaava</i>	<i>Kognitiivisesti tutkiva</i>	<i>Kognitiivisesti tavanomainen (tapa)</i>
<ul style="list-style-type: none"> -havainnointi ja päättely, -ajattelu ja päättely, -argumentointi, -ajattelua luova tai muokkaava, -omien kokemusten ilmaisu, -tunteiden ilmaisu, -oivaltavien kysymysten esittäminen, -kysymyksiin vastaaminen 	<ul style="list-style-type: none"> -tiedon välittäminen, -selittäminen, -kysymysten esittäminen, -vastaaminen -ilmausten toistaminen, 	<ul style="list-style-type: none"> -ratkaisua pohtiva keskustelu, -tehtävän työstö -näkökulmien ja merkitysten arviointi, -ajattelun luonti ja muokkaus, -prosesointi, -ongelmanratkaisu 	<ul style="list-style-type: none"> -normaali tietojen vaihto, keskustelu, -tehtävän tavanomainen työstäminen, -ilmausten hyväksyminen ilman syvempää pohdintaa

Taulukko 33. Opettajan käyttämän diskurssin luokitteluperiaatteet tutkimuksessani

<i>Sisältötavoitteita sisältävä puheenvuoro, kun opettaja</i>	<i>Prosessitavoitteet sisältävä puheenvuoro, kun opettaja</i>	<i>Metakognitiivisia tavoitteita sisältävä puheenvuoro, kun opettaja</i>
<ul style="list-style-type: none"> -havainnollistaa, selvittää käsitteitä, periaatteita ja niiden vuorovaikutussuhteita, -tekee kysymyksenasettelua, joka kohdistuu fysiikan perusperiaatteisiin, keskeisiin käsitteisiin ja käsitteelliseen jäsentämiseen -ottaa huomioon opetussuunnitelman -mitä opintomateriaalia oppilaan tulee käyttää 	<ul style="list-style-type: none"> -opettaa kognitiivisia taitoja oppilaiden käyttöön -miten oppilaan tulee käyttää opintomateriaalia -miten oppilas oppii 	<ul style="list-style-type: none"> -vahvistaa tavoiteltuja olettamuksia oppimisesta, fysiikan ajattelutavoista, tiedon jäsentymisestä -ohjaa itseohjautuvaan toimintaan

Ongelmaratkaisutilanteessa keskusteltiin ”purkkiongelmasta”. ”Purkki” on kannellinen muoviasiasta, jonka kanteen on kiinnitetty suppilo ja jonka kyljessä on lyhyt letku. Kun suppiloon valuttaa värillistä vettä, letkusta tulee ulos väritöntä nestettä, jonka tulo lakkaa jonkin ajan päästä. Oppilaiden tehtävä on saada selville, mitä on laitteen sisällä. Oppilaiden tulee selvittää purkin rakenne vain tarkastelemalla purkin toimintaa ulkopuolelta. Tehtävä on yhteistoiminnallinen, opettaja kertoo onko ratkaisu oikea vasta kun kaikki oppilaat ovat vakuuttuneet ratkaisusta. Siis idean saajan pitää selittää ratkaisu muille ja vakuuttaa muut oppilaat ideastaan ennen kuin opettaja antaa vastauksen. Tämän mallin avulla voidaan selittää fysiikan olemusta, mitä fysiikka on, mitä tiede on. Se vastaa kysymyksiin: Miten, miksi ja mitä.

”Laitteen” toiminta on yksinkertainen: Läpinäkyvä muovipussi kiinnitetään purkin suulle ja purkin suu suljetaan kannella, niin ettei muovipussia näy. Purkkiin laitetaan vettä kyljessä olevaan letkuun saakka. Kun suppilosta lisätään vettä, se menee muovipussiin, joka saa purkin pohjalla olevan veden virtaamaan kyljessä olevasta letkusta ulos. Vesi on aina väritöntä vaikka purkkiin kaadetaan värillistä vettä, koska värillinen vesi kerääntyy purkissa olevaan muovipussiin. Jossain vaiheessa veden tulo letkusta loppuu vaikka purkkiin kaataa lisää vettä. (Tiedekeskus Södertälje, Ruotsi.)

Taulukko 34. Esimerkkejä oppilaiden ja opettajan ongelmanratkaisun diskursseista ja niiden luokittelu (purkkiongelma)

(Op= tunnistamaton oppilas, O= opettaja)

	Diskurssio	Luokittelu
Op	katotaan, minkä takia sieltä ei tuu koko ajan	argumentointi /RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
Op	Tää letku menee jossain jonnekin, ei oo tässä näin vaan lähtee jonnekin. Se letku	havainnointi ja päättely/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
Op	jos väriaineet sekottuu	havainnointi ja päättely/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
O	ei tuu punaista eikä vihreitä	SISÄLTÖ, PROSESSI, METAKOGNITIO
Op	ei tuu mitään	argumentointi/RAKENTAVA normaali tietojen vaihtokeskustelu/ KOGN:TAPA
M	pistetään lisää vettä	havainnointi ja päättely/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
O	M:lla on yksi malli jo	SISÄLTÖ, PROSESSI, METAKOGNITIO
M	jännännäkönen, siellä ei oo mitään sisällä	argumentointi/RAKENTAVA tehtävän työstö/KOGN:TUTKIVA
O	eli tota sun mielestä M, tyhjiö on se, joka muuntaa tämän tilanteen	SISÄLTÖ, PROSESSI, METAKOGNITIO
M	Ei, en osaa selittää	kysymyksiin vastaaminen/RAKENTAVA normaali tietojen vaihtokeskustelu/KOGN:TAPA
Op	Kato siellä semmonen säiliö tavallista vettä ja aina kun sinne kaataa	argumentointi/RAKENTAVA tehtävän työstö/KOGN:TUTKIVA
M	me ollaan kaadettu pitkään aikaan värillisiä vettä ja tuo säiliö ei voi olla niin suuri kuin me ollaan pistetty sinne	argumentointi/RAKENTAVA näkökulmien ja merkitysten arviointi/ KOGN:TUTKIVA
Mi	sit se ei oo mahdollista	argumentointi/RAKENTAVA tehtävän työstö/ KOGN:TUTKIVA

Taulukko 35. Oppilaiden diskurssien yhteismäärä ongelmaratkaisutehtävässä

Rakentava	Kuvaava	Kognitiivisesti tutkiva	Kognitiivisesti tavanomainen
71 %	29%	64 %	36%

Taulukko 36. Opettajan diskurssien yhteismäärä ongelmaratkaisutehtävässä

Sisältötavoite	Prosessitavoite	Metakognitio
81 %	85 %	60 %

Taulukko 37. Oppilaiden diskurssien määrä filosofisessa tehtävässä

Rakentava	Kuvaava	Kognitiivisesti tutkiva	Kognitiivisesti tavanomainen
76 %	24%	72 %	24%

LIITE 9. Oppilaiden kirjallisen kurssipalautteen luokittelu

Oppilaiden tulevaisuuden suunnitelmat kurssin alussa

- Kukaan ei sitä tiedä, ei edes suurempi voima, johon en usko.(A1)
- Kirjoitan kirjan valmiiksi. Olen valmis myymään vasemman käteni kirjan julkaisemiseksi. Musiikkia tulevaisuudessakin. Lukio on tiedossa.(B1)
- Haaveenani on päästä käsityö ja kuvataide painotteiseen lukioon.(C1)
- Luonnontiede-lukioon. jotain luonnontieteisiin ja taiteisiin liittyvää.(E1)
- Menen lukioon, ehkä kuvis-sellaiseen.(F1)
- Musta tulee tutkija, yritän professoriksi tai sitten musta tulee maailmanvaltia. Mutta tutkijaksi mä haluan oikeesti. Ja koiran ja lapsen tai 2-4 lasta ja miehenkin, talon! (G1)
- Pyrin lähihoitajaksi.(J1)
- Peruskoulun jälkeen urheilulukioon ja sen jälkeen opiskelemaan.(K1)

Yhteenveto: Lukio-kirjan kirjoittaminen (B1), Käsityö- ja kuvataidelukio (C1), Luonnontiede lukio (E1), Kuvataidelukio (F1), Lukio-tutkija (G1), Lähihoitaja (J1), Urheilulukio ja opiskelu (K1), Lukio (L4).

Oppilaiden kiinnostuksen kohteet - harrastukset kurssin alussa

- Vapaaehtoisesti olen lukenut lähinnä etiikkaa. Harrastan lukemista, musiikkia eri muodoissa – kiinnostunut filosofeista olen myös lukenut sitä ja latinasta.(A1)
- Kirjoitan juttuja. Pohdin ja ajattelen usein liikaakin. Tykkään väitellä ihmisen kanssa, joka näkee asiat eri tavalla. Soitan viulua ja laulan, musiikki on tärkeää. Kuuntelen musiikkia suurimman osan ajastani, se saa mielen kulkemaan.(B1)
- Soitan klarinettia, olen musiikinteoriassa, laulan kuorossa, soitan puhallinorkesterissa ja olen mukana isosiskokoulutuksessa. Haasteet kaikissa asioissa kiinnostaa ja musiikki, valokuvaus, piirtäminen, käsityöt.(C1)
- Harrastan kuvista, jazz tanssia, partiota, lukemista.(F1)
- Fysiikka, kemia, matematiikka, kuvataide, musiikki.(E1)
- Käsitöitä, kasvienhoitoa..elämistä, luontoa.(G1)
- Olen kiinnostunut musiikista, ihmisistä ja erilaisista ilmiöistä.(J1)
- Harrastan koripalloa. Kouluaineista kiinnostavampia ovat matikka ja fysiikka.(K1)

Yhteenveto: Filosofia, Fysiikka 2, Kemia, Matematiikka 2, Latina, Etiikka, Musiikki 5, Valokuvaus, Piirtäminen 3, Käsityöt 3, Tanssi, Partio, Lukeminen 2, Kirjoittaminen, Urheilu, Kasvit, Eläminen, Ihmiset, Ilmiöt, Pohtiminen, ajattelu, väittely, Haasteet.

Fysiikasta - ennen kurssia

- Ihan tarpeellista.(A1)
- Ja tietyt asiat kiinnostavat.(A1)
- Pidän fysiikasta.(B1)
- Ymmärrän sitä.(B1)
- Mutta mielestäni kaiken ei tule olla niin varmaan laskettua, tieteellistä totuutta. Kukaan meistä ei voi sanoa fysiikan olevan täysi absoluuttinen vastaus maailmaan.(B1)
- Itse en lue fysiikkaa, opin sen mitä opin tunnilla.(B1)
- Edellinen fysiikan kurssini(aallot) oli mielestäni mielenkiintoinen kokeiden ja aiheen takia.(C1)
- No en kauheesti..viime kurssissa oli fyssaa.(D1)
- Fysiikka on kivaa.(E1)
- Olen lukenut paljon kirjoja, jotka käsittelevät fysiikkaa.(E1)
- Ei yleensäkään mitenkään mielenkiintoista.(F1)
- Siis opettelu, opettelu, opettelu...(F1)
- Tahtoisin enemmän (opettelussa)ajatella kuin vain opetella ulkoa.(F1)
- Tylsää, parani ysillä- en tiedä.(G1)
- Olen lukenut jo yhden fysiikan kurssin, se oli ihan kiva.(K1)
- Mielenkiintoinen kurssi.(K1)

1)Kiinnostavuus

- Mielen kiinnostus heräsi... (A1)
- ”Pidän” filosofiasta.(A1)
- Valitsin kurssin, koska olen kiinnostunut filosofiasta.(B1)
- Tämä uusi kurssi herätti mielenkiintoni.(B1)
- Olen aina ollut kiinnostunut ”kaiken olemassa olost.(C1)
- Filosofia kiinnostaa minua.(D1)
- Filosofia ja fysiikka kiinnostavat minua.(E1)
- Mielenkiintoiselta.(F1)
- Mä haluan pohdiskella!(G1)
- Koska olen taikuskoinen! ja tämä kiinnostavaa.(H1)
- Koska filosofia kiinnostaa minua.(J1)
- Se kuulosti kiinnostavalta.(K1)
- Se kuulosti houkuttelevalta.(J1)
- Se vaikutti erilaiselta kuin muut kurssit.(F1)
- Mieluummin mä tän kurssin valitsin ku jonkun muun.(G2)
- Tämä kurssi on mennyt tähän mennessä hyvin.(H2)
- Täällä on ollut hyviä ja monipuolisia juttuja. Kamera on ystävä.(J2)
- Ihan mielenkiintoinen idea kuitenkin (leffassa käynti).(L2)
- Minusta kurssi oli ihan mielenkiintoinen.(L31)
- Luonnonfilosofiaa on mielenkiintoinen ja monipuolinen kurssi.(K31)
- Kurssilla tutkitaan monipuolisesti mieltä kutkuttavia kysymyksiä.(B31)
- Kiinnostavin ja mielenkiintoisin aihe olivat kaaos ja tunteiden selittämättömyys.(J32)
- Havainnointi, tunteet oli interessante.(E32)
- Ehkä rakkaus ja usko, koska ne oli mielenkiintoisia.(G32)
- Vuorovaikutus ihmisten välillä(kiinnostavin ja mieleenpainuvien aihe).(I32)
- Valo- dualismi (kiinnostavin ja mieleenpainuvien aihe).(I32)
- hyviä (retket).(E32)
- Joo, ihan kivoja (piirrostehtävät).(E32)
- Mieleenpainuvien, joutui toteuttamaan itse enemmän (omat tutkimukset).(I32)
- Hyvä (tutkimukset).(E32)
- Tämä oli ihan jees kurssi.(G32)
- Kurssi oli mielenkiintoinen.(K4)
- Mieleeni ei juolahda mitään erityistä, mutta kokonaisuudessa pidin kurssista. Kiitos.(K4)
- Kiitos kurssista, se oli todella mielenkiintoinen.(F4)
- Ja se oli kaiken lisäksi myös mielenkiintoista.(A4)

ei kiinnostava

- Tähän asti täs kurssin on ollu yks hyvä asia, joka ei ollu tylsä. Se leffassa käynti. (D2)
- En ole hirveästi innostunut kurssista.(L2)
- Kai tämä on ihan hyvä kurssi, ei vaan sovi minulle...(L2)
- Ollaan tehty kaikenlaisia ”ihme kokeita” ja tehtäviä (ei liiemmin kiinnostanut). (L2)
- Tylsää (oppimispäiväkirjan kirjoittaminen).(E32)
- Blaah (tutkimukset).(J32)
- Välillä oli tylsää.(G32)

2) Maailmankuva

Maailmankuvan laajentamiseksi tulkitsin, kun oppilaat mainitsivat seuraavia asioita: luonnon pohtiminen(a), mielipiteiden ja kokemuksen avartuminen (b), tiedon saanti, ympäristön havainnointi (f), fysiikan ja filosofian oppiminen f), hyötyä jatko-opinnoissa (f).

Maailmakuva muodostuu:

- | | |
|---|--|
| a) Ihminen/suhde ympäristöön | d) Todellisuus/rakenne, kehitys |
| b) Tiedostaminen/arvot, asenteet,
(havaitsemistavat) vrt. itsetuntemus | e) Todellisuuden toiminta/vuorovaikutukset |
| c) Todellisuus/olemassaolo | f) Tieto/hankinta, käsitteet, merkitykset |

2a) Ihminen/suhde ympäristöön

-Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty.(F2)

-Olen pystynyt havainnoimaan itseäni, ympäristöä ja itseäni ympäristössä.(I31)

-Suositellen lämpimästi kurssia niille, jotka haluavat pohtia ajatuksia, itseään, luontoa, tunteita - yms.(K31)

-Kurssi (voi) avartaa mieltäsi/ mielipiteitäsi.(C31)

-Täällä saa tietoa elämän syvistä asioista.(F31)

-Tämä kurssi ei varsinaisesti kerro mistään vaan siinä itse pohdiskellaan luonnonlakeja, rakkautta, kuolemaa uskontoja jne.(G31)

-Luonnosta? Luonto on edelleen aivan sama. (A32)

-Käsitykseni luonnosta muuttui yhteneväisemmäksi.(G32)

-Toi tutkimisen ja luonnonkin osaltaan osaksi elämää.(I4)

2c) Todellisuus/ olemassaolo

-Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty.(F2)

-Toisaalta täällä on myös yksinkertaisista asioista juttelua, sellaisista asioista joita ei välttämättä huomaa arkisin.(F31)

-Miksi hienoja sanoja kun voi aloittaa puhtaasta yksinkertaisuudesta?(A32)

-Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta.(L4)

-Ja se sai myös arvostamaan yksinkertaista ajattelua, koska filosofit ajattelevat välillä jopa turhan monimutkaisesti.(F4)

2d) Todellisuus/rakenne, kehitys

-Saa jutella rauhassa maailman asioista ystävän kanssa.(F2)

-Täällä on ollut hyviä ja monipuolisia juttuja.(J2)

-Kurssilla tutkitaan monipuolisesti mieltä kutkuttavia kysymyksiä.(B31)

-Tämä kurssi ei varsinaisesti kerro mistään vaan siinä itse pohdiskellaan luonnonlakeja, rakkautta, kuolemaa uskontoja jne.(G31)

-Luonnonfilosofiaa on mielenkiintoinen ja monipuolinen kurssi.(K31)

-Olen saanut vastauksia moniin kysymyksiin, joihin olin kuvitellut ettei löydy vastausta. Sekä löytänyt uusia vastauksia ja lisäyksiä, jo "tietämiini" vastauksiin. (I31)

-Ainakin omalla kohdalla kurssi oli avartava. (C32)

-Kiinnostus maailmaan ja maailmankaikkeuteen kasvoi.(L4)

-Avarsi mieltäni erilaisten opetustyylien sekä erilaisten ajatusten suhteen. On hyvä esittää kysymyksiä, joita ei yleensä tule kysyttyä.(A4)

2f) Tieto/hankinta, käsitteet, merkitykset

-” Pidän” filosofiasta.(A1)

- Valitsin kurssin, koska olen kiinnostunut filosofiasta.(B1)

- Olen aina ollut kiinnostunut ”kaiken olemassa olosta.”(C1)
- Filosofia kiinnostaa minua.(D1)
- Filosofia ja fysiikka kiinnostavat minua.(E1)
- Koska filosofia kiinnostaa minua.(J1)
- Että oppisin paljon eri filosofeista, kuinka he ajattelivat ja kuinka he ”pääsivät” niihin ajatuksiin ja johtopäätöksiin.(J1)

- Kurssilla oppii myös paljon fysiikan asioita.(K31)
- Minusta valinta oli kannattava, koska siitä on hyötyä jatko-opiskelujen kannalta.(K31)

- Kurssi oli ehkä enemmän tieteen kautta (fysiikan) tutkimista. (A32)

- Mielestäni kurssista oli hyötyä.(A4)
- Lukiassa Luonnonfilosofiaa kurssista on ollut apua. Se antoi hyvän pohjan filosofian ensimmäiselle kurssille. Esim. filosofit ja heidän ajatuksensa ovat tulleet monesti esille eri aineissa.(F4)
- Hyödyllinen.(F4)
- Onhan se hyvä tutustua moniin erilaisiin asioihin, ilmiöihin..muuhun. Ei sitä tiedä milloin se tieto tulee tarpeeseen. Kurssista oli tämän takia hyötyä.(I4)
- En ole käynyt vielä yhtään filosofia-kurssia lukiassa, joten en ole törmännyt.Kurssista oli varmasti hyötyä.(K4)
- Kyllähän kurssi varmasti lisäsi yleissivistystä - siellä kuultuihin nimiin törmää usein (esim. Newton)Hyvä tietää tärkeiden tieteilijöiden taustoja ja pohdintoja.(L4)
- Tietoa tuli roppakaupalla mm. filosofeista, fysiikka jutuista.(K4)
- Minusta tuli vähän viisaampi, mutta ei taidokkaampi (paitsi ehkä opin hyppimään paremmin hyppynarua).(K4)
- Olen jopa säilyttänyt kurssivihon ja saamamme monisteet.(A4)

3) Ajattelu

- Asioiden pohtimista. (B1)
- Odotan oivalluksia.(C1)
- Kysymyksiä.”Miksi olemme/elämme?Miksi kysymme?MIKSI”(E1)
- Jotain miettimistä vaan.(F1)
- Pohdiskelua.(G1)
- Täällä tunneilla herää monia ajatuksia monien vuosisatojen takaa Platonin ja muiden Filosofien avulla...se joka luulee tietävänsä kaiken, ei tiedä mitään...mietippäs sitä.(C2)
- Me ei oikeestaan tehdä kauheesti mitää. Istutaan vaan ja kirjoitellaan.(D2)
- Ulkona on kuulas sää, pienen pienet lumihuutaleet putoilevat taivaalta kuin timantit. Olen lämpimässä Fysiikan, kemian luokassa jossa olemme monia kertoja kokeneet mahtavia oivalluksia, pohtineet niitä.(C2)
- On annettu enemmän aikaa ajattelulle ja pohdinnalle.(F2)
- Kukaan ei pakota sinua ajattelemaan, eikä kurssikaan välttämättä ole sitä mitä luulet, mutta jos olet avoin, huomaat pian kuitenkin ajattelevasi. Ajattelun suunta on se mihin virta sinut haluaa viedä. (A31)
- Ja juuri sinun ajatuksillasi on AINA tilaa.(B31)
- Jos olet kiinnostunut pohdiskelusta, tähän kurssiin kannattaa tulla.(F31)
- Eli jos tykkäät uneliaasta pohdiskelusta, kurssi on sinulle omiasi!(G31)
- Jos olet hyvä pohtimaan/ miettimään/ ajattelemaan kannattaa sinun valita tämä Luonnonfilosofiaa kurssi.(H31)
- Kurssilla olen joutunut käyttämään myös päätäni, arvioimaan ja tekemään.(I31)
- Nyt kurssin lopussa, olen pystynyt tutustumaan omaan ajatusmaailmaani monelta eri kantilta.(I31)
- Pohdinta yksin on jossain tilanteessa paras.(J31)
- Suosittelen lämpimästi kurssia niille, jotka haluavat pohtia ajatuksia, itseään, luontoa, tunteita yms.(K31)

-Sai tosiaan miettiä kaiken näköisiä asioita. Suosittelen, jos kiinnostaa semmoinen ”pohdiskeleva” meininki.(L31)

-Kun meille tultiin vuosi sitten esittelemään tätä kurssia, pidin tätä naurettavana.

Voivatko kivet elää...mitä typerämpää on vielä olemassa. Mutta juuri tuo lause sai minut miettimään. Jospa kiviltä kysytään että voiko ihmiset elää, se varmasti kuulostaisi yhtä typerältä...Mutta vain jos he elävät.(I31)

-Kurssi vaikutti minuun omalla tavallaan. Ajattelen, mitä ajattelen. Kurssi sai minut ajattelemaan, vaikka minut hieman eri asioita varsin kurssin keskivaiheilla, kun eräs pitkäaikainen ihmissuhteeni loppui.(A32)

-Aina tärkeää (pohdinta yksin).(A32)

-Jos sais olla rauhassa niin silloin, mutta muuten ei (pohdinta yksin).(E32)

-Se pisti pohtimaan käsitykseni luonnosta muuttui yhteneväisemmäksi.(G32)

-Jossain tilanteessa paras (pohdinta yksin).(J32)

-Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta.(L4)

-Erilaista pohdintaa tarkemmin ja syvemältä.(I4)

-Omat ajatukseni arkipäivän elämässä kulkevat melko samoja reittejä kuin kurssin ajatukset.(A4)

-Se auttoi ainakin siihen aikaan ajattelemaan vähän laajemmin asioita.(F4)

4) Tunteiden ilmaisu

-Odotan kurssilta ehkä paljonkin.(A1)

-Mutta lähinnä hauskoja tunteja. (K1)

-Se kuulosti houkuttelevalta.(J1)

-Täällä on ollut ihan kivaa.(E2)

-Kurssillamme on ollut melko rento meininki.(F2)

-Ulkona on kuulas sää, pienen pienet lumihitaleet putoilevat taivaalta kuin timantit. Olen lämpimässä Fysiikan, kemian luokassa jossa olemme monia kertoja kokeneet mahtavia oivaluksia, pohtineet niitä. (C2)

-Täällä on ollut ihan kivaa.(J2)

-Leffassa käynti oli tosi kiva reissu, semmosia lisää! Siinä leffassa se nalle oli ihana.(G2)

-Tää on ollu ihan kivaa.(G2)

-Leffassa oli kiva käydä, vaikka elokuva itsessään ei iskenyt.(L2)

-Jossain määrin pidin kurssista, asiahan on hyvä, mutta ilmapiiri mättää pahasti.(B2)

-Paitsi että välillä on ollu tylsää (esim. kotiteht)ei niille ole aikaa. Nyt on tylsää ja väsyttää. (G2)

-Mä inhoan näitä kemianluokan tuoleja.(L2)

-Mutta ryhmä on kauhea, ajatukseni lukkiutuvat, tunnen tyhmyyttä ja ylimielisyyttä. Jossain määrin pidin kurssista, asiahan on hyvä, mutta ilmapiiri mättää pahasti. Vihaan tätä. (B2)

-Nyt just mul on taas tosi tylsää.(D2)

-Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa.(D2)

-Mutta tunnille oli aina mukava tulla.(A32)

-Kiittää ja kiittää.(A32)

-Positiivinen kokemus.(C32)

5) Keskustelu/Vuorovaikutus

-Keskustelua.(B1)

-Tai jutellaan.(D2)

-Saa jutella rauhassa maailman asioista ystävän kanssa.(F2)

-Jos olet avoin/valmis/halukas kertomaan omia mielipiteitäsi toisille tai vuorostaan halukas kuuntelemaan keskusteluja, olet löytänyt etsimäsi.(C31)

-Toisaalta täällä on myös yksinkertaisista asioista juttelua, sellaisista asioista joita ei välttämättä huomaa arkisin.(F31)

-Jos olet puhelias.(H31)

-Siellä keskustellaan oppilaiden kysymyksiä.(K31)

-Jos ihmiset uskaltaisivat puhua (keskustelu)! Mielenkiintoista (pohdinta yhdessä). Ehdottomasti suurelle kiitokselle. Väittely opettaa. Yhdessä keskusteleminen oli mahtavaa (Väittely).(A32)

-Erittäin hyvää (keskustelu). Hyvä (pohdinta yhdessä). Erittäin hyvä, vaikkakaan sitä ei syntynyt paljon(väittely).(E32)

-Väittely on hyvä opetusmenetelmä. Keskustelu oli joskus erittäin hyvä.(J32)

-Keskustelu ja yhdessä pohtiminen, väittely olivat ehkä, tai siis olivat mielestäni parhaat opetustavat. Siinä tutustui muihin ihmisiin hyvin, ja sai kuulla heidänkin mielipiteitään.(I32)

-Joskus erittäin hyvä (keskustelu). Hyvä (pohdinta yhdessä). Kyllä on hyvä (väittely) (J32)

-Oli ihan hyvä että kurssilla oli niin paljon keskustelua, kun koulussa muuten vaan kirjoitellaan (yms.) niin paljon.(L32)

-Tollasia pitäis kaikkien maikkojen olla, sellaisia jotka oikeasti kuuntelee, mitä oppilaat sanoo.(E4)

6) Yhteisöllisyys

-Saa jutella rauhassa maailman asioista ystävän kanssa.(F2)

-Jos olet hyvä työskentelemään ryhmässä kannattaa sinun valita tämä Luonnonfilosofiaa kurssi.(H3)

-Mukavan kokoisessa pienehkössä ryhmässä on helppo ja hyvä opiskella.(I31)

-Siinä tutustui muihin ihmisiin hyvin, ja sai kuulla heidänkin mielipiteitään. (I32)

7) Itsetuntemus

-Kurssilla on voinut hyvinkin oppia jotain uutta itsestään, koska olemassaoloa ja muita elämäämme liittyviä asioita on käsitelty.(F2)

-Opin tuntemaan omaa itseäni kurssilla, kuinka lähelle konkreettisesti kaveri/ystävä/ tuttu voi tulla. (C31)

-Nyt kurssin lopussa, olen pystynyt tutustumaan omaan ajatusmaailmaani monelta eri kantilta.(I31)

-Olen pystynyt havainnoimaan itseäni, ympäristöä ja itseäni ympäristössä. Olen saanut vastauksia moniin kysymyksiin, joihin olin kuvitellut ettei löydy vastausta. Sekä löytänyt uusia vastauksia ja lisäyksiä, jo "tietämiini" vastauksiin.(I31)

-Suosittelen lämpimästi kurssia niille, jotka haluavat pohtia ajatuksia, itseään, luontoa, tunteita - yms.(K31)

-Avarsi mieltäni erilaisten opetustyylien sekä erilaisten ajatusten suhteen. On hyvä esittää kysymyksiä, joita ei yleensä tule kysyttyä.(A4)

-Toisinaan ajattelen itse ihmeellisiä asioita, tosin lähinnä matemaattisia.(K4)

-Kurssi lisäsi myös ehkä omaa kykyä pohtia asioita eri kanteilta.(L4)

8) Vaikuttaminen/Oma vaikutus sisältöön

-Siellä keskustellaan oppilaiden kysymyksiä, joten oppilaat itse voivat vaikuttaa kurssiin paljon.(K31)

-Pystyin myös itse vaikuttamaan kurssin sisältöön. Me loimme tämän kurssin! Valitse vapaasti, mutta valitse oikein!!!(I31)

9) Ehdotuksia

-Odota kurssilta ehkä paljonkin.(A1)

-En halua pahemmin filosofiafysiikkaa, koska ne ovat täysin eri asiat. Kytkeytyvät toisiinsa, mutta silti pitäisin erillään.(A1)

-Odota kurssilta hyvää pohjaa filosofian opiskeluun, jota aion yrittää myöhemmin lukiossa(jos - ja sitä, pääsen lukioon). (B1)

-Ei mitään kaavojen yms. opettelua.(F1)

- Mutta lähinnä hauskoja tunteja.(K1)
- En tiiä.(D1)
- En tiedä vielä, koska en ole aiemmin ollut vastaavalla kurssilla.(E1)
- En tiedä vielä mitä kurssi sisältää.(K1)
- Odotukseni kurssilta oli ehkä jotain muuta...Toivoin keskustelua asioista, tiedäthän intohimoni filosofiaan, ajattelemiseen, asioiden kääntämiseen ja kumoamiseen.(B2)
- Mä haluaisin kattoo vaik videoo tai jotain. Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt ja kaipaen vähän toimintaa.(D2)
- Mä masennun jos ei oo mitään tekemistä. Siis mitään jännää.(D2)
- Jos katottas jotain filosofisia tekstejä ja tulkittais niitä, se voisi olla kivaa.(E2)
- Meidän ois mun mielestä pitänyt syventyy enemmän (niihin kiinnostaviin) kuten Mikä on Jumala tai Avaruus yms.(G2)
- Kaipaen jotain enemmän...vähemmän tieteellistä. Keksiä omia selityksiä miksi ...esim. kukka kasvaa, sataa, salamoit.(L2)
- Tunnilla voisi olla konkreettista liikkumista omalta paikalta jolloin mieli pysyisi mm. virkeänä.(C32).
- Toivottavasti se pystytään vielä tulevaisuudessa järjestämään.(F4)

10) Arviointia

- Ettei videokameraa käytetä! (B1)
- Kurssi on ihan siisti, mut mä oon tylsistynyt.(D2)
- Huono asia on vain se, ettei täällä pysty keskittymään niin hyvin liiallisen ihmismäärän takia, kaikki muut on liikaa paitsi minä.(E2)
- Videointi vähän häiritsee.(E2)
- Kamera on ystävä.(J2)
- Tehtäviä ei ole aina tarvinnut kirjoittaa ylös, mikä on hyvä.(F2)
- Ja tämä on ollut helppo.Toivon, että loppu kurssi menisi vielä helpommin.(H2)
- Tämä kurssi on ihan uusi, ainoa lajissaan ja ihan hyvä vaihtoehto muille valinnoille.(J2)
- Kai tämä on ihan hyvä kurssi, ei vaan sovi minulle...(L2)
- Ehkä liian tieteellistä, totuudenmukaista minulle.(L2)
- Ollaan tehty kaikenlaisia ”ihme kokeita” ja tehtäviä (ei liiemmin kiinnostanut).(L2)
- A.I.Tekoäly oli vähän hölmö leffa, mutta eihän sitä voinut etukäteen tietää.(J2)
- Joo, no, kyl sen nyt jokainen tietää kurssikuvauksesta kurssivalintaoppaassa, jos tänne haluaa, niin tulee, jos ei, niin ei.(E31)
- Kun meille tultiin vuosi sitten esittelemään tätä kurssia, pidin tätä naurettavana. Voivatko kivet elää...mitä typerämpää on vielä olemassa. Mutta juuri tuo lause sai minut miettimään. Jospa kiviltä kysytään että voiko ihmiset elää, se varmasti kuulostaisi yhtä typerältä. Mutta vain jos he elävät. (I31)
- Leffa oli tylsä.(J31)
- Kurssi ei ollut aivan mitä odotin.(A32)
- Jos sais olla rauhassa niin silloin, mutta muuten ei (pohdinta yksin). (E32)
- Oppimispäiväkirjan kirjoittaminen: jos sitä olisi ollut aina vähän aikaa kirjoittaa.(A32)
- Joskus päiväkirja oli väkipakolla tekemistä, mutta usein pystyi ”purkamaan” esim. pahaa oloa.(C32)
- Oppimispäiväkirja ei tainnut toimia niin hyvin kuin opettaja olisi halunnut... (L32)
- Oppimispäiväkirjaan en keksinyt mitään!(G32)
- Jäi osaltani kokematta (oppimispäiväkirjan kirjoittaminen).(J32)
- Elokuva oli huono.(E32)
- Leffa oli tylsä.(J32)
- Yksi kurssihan on lähinnä vain pintaraapaisu aiheesta, mutta (kuten kirjoitin).(L4)

